

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ELAINE VIVIAN OLIVA

ATRIBUTOS DO SOLO, DA VEGETAÇÃO E DA SERAPILHEIRA DE TRÊS ÁREAS  
EM RECUPERAÇÃO NA MATA ATLÂNTICA

CURITIBA  
2015

ELAINE VIVIAN OLIVA

ATRIBUTOS DO SOLO, DA VEGETAÇÃO E DA SERAPILHEIRA DE TRÊS ÁREAS  
EM RECUPERAÇÃO NA MATA ATLÂNTICA

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal, Área de Concentração: Silvicultura.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

Co-orientador: Prof. Dr. Renato Marques

CURITIBA  
2015

O48 Oliva, Elaine Vivian  
Atributos do solo, da vegetação e da serapilheira de três áreas  
em recuperação na Mata Atlântica. / Elaine Vivian Oliva. Curitiba :  
2015.  
135 f. il.

Orientador: Carlos Bruno Reissman  
Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná.  
Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Florestal – Silvicultura.

1. Solos florestais. 2. Serapilheira. I. Reissman, Carlos Bruno.  
II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal –  
Silvicultura. III. Título.

CDU 630\*114

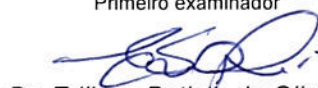
## PARECER

Defesa nº. 1084

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) doutorando(a) *Elaine Vivian Oliva* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**ATRIBUTOS DO SOLO, DA VEGETAÇÃO E DA SERAPILHEIRA DE TRÊS ÁREAS EM RECUPERAÇÃO NA MATA ATLÂNTICA**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em SILVICULTURA.



Dr. Ricardo Miranda de Brites  
Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem - SPVS  
Primeiro examinador



Dr. Edilson Batista de Oliveira  
Embrapa/Florestas  
Segundo examinador



Dr. Fabiane Machado Vezzani  
Universidade Federal do Paraná  
Terceiro examinador



Dr. Renato Marques  
Universidade Federal do Paraná  
Quarto examinador



Dr. Carlos Bruno Reissmann  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 25 de fevereiro de 2015.



Antonio Carlos Batista  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Aos meus pais José Leonides Oliva e Ana Stavas Oliva pela educação, amor, apoio e ensinamentos.  
À minha irmã Natali, meu cunhado Wilson e minha sobrinha Gabriella pelo carinho, conselhos e amizade.  
Ao meu noivo Ricardo David pelo apoio, compreensão e amor a mim dedicados!

## AGRADECIMENTOS

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho:

A Deus pela vida;

Aos meus pais pela educação, conselhos, ensinamentos, confiança, carinho, amor e incentivos dispensados a mim em todos os momentos;

A minha irmã Natali e meu cunhado Wilson pelo carinho, amizade, conselhos, apoio e incentivo;

Ao meu noivo Ricardo David pelo apoio na finalização da tese, carinho, amizade, amor e pelos maravilhosos momentos que passamos juntos desde que nos conhecemos na Nova Zelândia;

Ao professor Carlos Bruno Reissmann pela orientação, ensinamentos, conselhos, amizade e confiança a mim dispensados em todos os momentos durante a realização do doutorado. E especialmente pelo apoio e incentivo à realização do doutorado sanduíche na Nova Zelândia;

Ao professor Renato Marques, pela orientação, amizade, ensinamentos, apoio, sugestões e auxílio nas coletas em campo;

Ao professor Antonio Carlos Vargas Motta, pelo apoio, ensinamentos e auxílio na coleta de amostras de solo ao campo;

A Dra. Akemi Kan, pesquisadora do Instituto Lactec e coordenadora do Projeto GEE-APINE, pela oportunidade e suporte financeiro para a realização da referida pesquisa, pela amizade e conselhos;

Ao Dr. Edílson Batista de Oliveira, pesquisador da Embrapa/Florestas, pelo auxílio na realização das análises estatísticas;

A professora Fabiane Vezzani pelo auxílio com os contatos e elaboração inicial do projeto junto aos pesquisadores do Plant & Food Research na Nova Zelândia para a realização do doutorado sanduíche, bem como o carinho e atenção dispensados em todos os momentos que lhe foram solicitados;

Ao Instituto Lactec pelo suporte financeiro para realização das análises e participação em congressos;

À Universidade Federal do Paraná (UFPR) pela oportunidade da realização do Doutorado em Engenharia Florestal;

A CAPES pela concessão da bolsa nacional e internacional para realização do Doutorado Sanduíche na Nova Zelândia;

Ao The New Zealand Institute for Plant & Food Research Ltd pela oportunidade de realização do Doutorado Sanduíche;

Aos pesquisadores do Plant & Food Research Mike Beare, Craig Anderson, Michelle Peterson pela orientação, suporte, ensinamentos, conselhos e amizade;

Aos pesquisadores do Plant & Food Research Tina e Chris pela amizade, treinamentos, auxílio e orientação na realização das análises laboratoriais;

Aos pesquisadores do Plant & Food Research Edmar Teixeira pela amizade, conselhos e auxílio na análise estatística e Gina pelo suporte na acomodação, transporte e orientação na chegada à Nova Zelândia;

Ao professor Roger Cresswell e ao laboratorista Manjula Premaratne da Universidade de Lincoln pela orientação e suporte nas análises laboratoriais;

A Thuy, Yulinda, Lorna, Mika, Carmem, Mariana e Juliano pela amizade, auxílio e conselhos durante a permanência na Nova Zelândia;

A empresa COPEL pela cessão da base física para a instalação dos experimentos e apoio na coleta das amostras;

Ao gerente do reservatório Capivari-Cachoeira Sr. Juarez Alves de Araújo pelo apoio e suporte nas coletas realizadas, carinho e presteza sempre que lá estivemos;

Ao Sr. Marins, funcionário da COPEL, pelo auxílio nas coletas realizadas;

Aos secretários Reinaldo e David do setor de pós-graduação, pela paciência, orientações e presteza sempre que me atenderam;

Aos funcionários dos Laboratórios do departamento de Solos Aldair, Roberto, Eveline e Leticia pela paciência, ensinamentos e auxílio na realização das análises laboratoriais;

A Maria Simone da biblioteca de Ciências Agrárias pela paciência e presteza sempre que me atendeu e a Marcia Fuchs pelo auxílio na formatação das normas;

Ao chefe da Secção Orçamentária do setor de Ciências Agrárias, Sr Edilson Pina, exemplo de pessoa e liderança, pelo carinho, amizade, incentivo, orientações e apoio dispensados em todos os momentos durante a minha permanência como funcionária;

Aos colegas e amigos da SOP Elineia, Patricia, Joseane, Eliete, Mauro e Aureo pela amizade, orientações, suporte e incentivo em todos os momentos a mim dispensados;

Ao Professor Antonio Dunaski pela ajuda na classificação das espécies coletadas, orientações e presteza sempre que solicitada;

Ao Herbário da UFPR, Herbário das Faculdades Integradas Espírita e ao Museu Botânico do PR onde foi possível a identificação das espécies;

Aos graduandos e bolsistas de Agronomia, Luciano Roza, Carlos Hass, Mateus Ertal e Alessandra Santos pelo auxílio nas coletas realizadas a campo, nos processos metodológicos do laboratório e nas análises químicas;

Aos meus amigos e colegas do curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal pela amizade, incentivo e apoio;

Aos meus amigos pelo apoio, incentivo, compreensão e pelos momentos alegres que passamos juntos,

A Marla Alessandra pelo auxílio técnico, sugestões, carinho, amizade e pelo apoio dispensado em todos os momentos durante a realização da tese;

Aos meus amigos e colegas Jonas Eduardo Bianchin, Cris, Hilbert, Fabiana, Cilmar, Willian pelo auxílio nas coletas e realização das análises, sugestões, carinho e pelo apoio dispensado em todos os momentos durante a realização da tese;

A Etienne Winagraski pela amizade, apoio, conselhos e auxílio nas coletas a campo e na realização das análises laboratoriais durante a realização de todo o doutorado no país. E, em especial ao suporte ao meu bolsista e as minhas solicitações dispensados durante a realização do doutorado sanduíche na Nova Zelândia;

À Criselli Montipó e Fabiane Murakami pela amizade, incentivo, conselhos, apoio e pelas lindas palavras de conforto que me dissestes quando mais precisei nesse percurso. Em especial pelo apoio e carinho dispensados em todos os momentos durante a permanência na Nova Zelândia.

“Nunca considere o estudo como uma obrigação, mas sim como uma oportunidade invejável de aprender sobre a influência libertadora da beleza no domínio do espírito, para seu prazer pessoal e para o proveito da comunidade à qual pertencerá seu trabalho futuro”.

Albert Einstein



## RESUMO

As variações nos atributos físicos e químicos dos solos são determinadas por diversos fatores, principalmente pelas perturbações antrópicas. Por outro lado, solos degradados podem ter seus atributos físicos e químicos melhorados pela presença da vegetação. Nesse contexto, este trabalho teve o objetivo de avaliar a influência de coberturas vegetais em relação aos atributos do solo e à ciclagem de nutrientes em Florestas Secundárias e em Povoamento de Regeneração Espontânea de *Pinus spp.* em processo de recuperação. A pesquisa foi realizada ao entorno do reservatório Capivari-Cachoeira, no município de Campina Grande do Sul - PR. Foram selecionadas três áreas contíguas com distintos graus de degradação, sendo: Floresta Secundária 1 (**FS1**), fragmento em estágio avançado de regeneração da FOM e FOD; Floresta Secundária 2 (**FS2**), vegetação em estágio inicial sendo, inicialmente, revegetada com a espécie *Mimosa scabrella* Benth e, um povoamento de Regeneração Espontânea de *Pinus* (**REP**) (mistura de *P. taeda* e *P. elliottii*). Para cada área de estudo foram utilizadas três repetições com 4 parcelas de 10 x 15 m (150 m<sup>2</sup>) para quantificação da fitomassa depositada e acumulada, determinação da composição química nutricional dos horizontes orgânicos e a obtenção dos atributos químico-físicos do solo. Para determinação da composição florística e dos parâmetros fitossociológicos foram alocadas 10 parcelas de 10 x 15 m (1500 m<sup>2</sup>). Na FS1 foram amostrados 382 indivíduos, pertencentes a 57 espécies correspondentes a 27 famílias. Na FS2 determinaram-se 477 indivíduos, pertencentes a 40 espécies e 24 famílias. As espécies *Schinus terebinthifolius* e *Baccharis oreophila*, respectivamente, foram as detendoras dos maiores valores para os parâmetros fitossociológicos determinados na FS1 e FS2. A produção total de serapilheira acumulada foi de 6408,0 kg ha<sup>-1</sup> para a FS1, 6635,20 kg ha<sup>-1</sup> para a FS2 e de 1084,80 kg ha<sup>-1</sup> para a REP. Os horizontes orgânicos encontrados foram L, F e H e seus subhorizontes. Os maiores teores de macro e micronutrientes, diferindo estatisticamente, determinados nos horizontes orgânicos, Ln, Lv e Fr, foram: N, P, Cu e Zn para o tratamento FS1; K, Na, Ca e Mg para a FS2 e C, C:N e Mn encontrados para a REP. As concentrações de carbono (COT) e nitrogênio (NT) variaram no perfil do solo em função dos tratamentos com tendência em diminuir as concentrações em subsuperfície. O estoque de C no solo foi superior para a FS1, com 120,90 Mg C ha<sup>-1</sup>, seguida da FS2 com 72,4 Mg C ha<sup>-1</sup> e 65,9 Mg C ha<sup>-1</sup> para a REP. Os estoques de N foram de 13,3 Mg N ha<sup>-1</sup> para a FS2, 4,4 Mg N ha<sup>-1</sup> para a FS1 e 1,9 Mg N ha<sup>-1</sup> para a REP. No solo sob a FS1, os teores dos nutrientes, C, N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn, determinados na camada superficial (0 – 20 cm) diferiram estatisticamente dos demais tratamentos analisados. Em subsuperfície, com exceção das concentrações de N e K, houve superioridade, também, dos valores dos macro e micronutrientes para a FS1. Os resultados obtidos na presente pesquisa destacam a importância da vegetação para a ciclagem e o equilíbrio do ecossistema. O tipo de cobertura florestal apresentaram forte influência nas concentrações dos atributos químico-físicos dos solos analisados.

Palavras-chave: Áreas degradadas. Nutrição. Serapilheira.

## ABSTRACT

The variations of physical and chemical attributes of soil are determined by several factors, mainly by anthropic perturbations. On the other hand, degraded soil can have its own physical and chemical attributes which are enhanced when vegetation is present in the environment. In this context, the goal is to evaluate the influence of vegetal covertures in relation to soil's attributes and the cycling of nutrients in Secondary Forests and Spontaneous Regeneration of *Pinus spp* which are in recovering process. This research was done around the margins of Capivari-Cachoeira reservoir, in Campina Grande do Sul – PR. Three areas with different degradation levels were selected, which are: Secondary Forest 1 (**FS1**), a zone in an advanced stage of regeneration of FOM and FOD; Secondary Forest 2 (**FS2**), a zone in an initial stage of vegetation, mainly revegetated with *Mimosa sacabrella* species; and a population of Spontaneous Regeneration of Pinus (mixture of *P. taeda* and *P. elliotii*) (**REP**). In each area, four plots of 10 x 15 m (600 m<sup>2</sup>) were allocated in order to quantify deposited and accumulated biomass, determine the nutritional chemical composition of the organic horizons, and to obtain the physic-chemical attributes of soil. In order to determine the floristic composition of phytosociological parameters, 10 plots of 10 x 15 m (1500 m<sup>2</sup>) were allocated. In FS1 there was 382 individuals sampled, which belong to 57 species of 27 families. In FS2 there was 477 individuals determined, belonging to 40 species of 24 families. Here *Schinus terebinthifolius* e *Baccharis oreophila*, were the species which achieved the highest sampling values for the phytosociological parameters for FS1 and FS2, respectively. The total production of accumulated litter was 6408,0 kg ha<sup>-1</sup> for FS1, 6635,20 kg ha<sup>-1</sup> for FS2, and 1084,80 kg ha<sup>-1</sup> for REP. The organic horizons found were L, F and H and its corresponding sub-horizons. The greatest contents of macro and micro nutrients, statistically differing, determined on the organic horizons, Ln, Lv, and Fr, were: N, P, Cu and Zn for FS1; K, Na, Ca and Mg for FS2, and C, C:N e Mn found for REP. The concentrations of carbon (COT) and nitrogen (NT) vary on soil's profile in function of the treatments that tends to decrease the concentrations on the subsurface. The presence of C on soil was greater for FS1, with com 120,90 Mg C ha<sup>-1</sup>, followed by FS2 with com 72,4 Mg C ha<sup>-1</sup> and 65,9 Mg C ha<sup>-1</sup> for REP. The greater stock of N of 13,3 Mg N ha<sup>-1</sup> was determined for FS2, 4,4 Mg N ha<sup>-1</sup> for FS1 and 1,9 Mg N ha<sup>-1</sup> for REP. In the soil of zone FS1, the contents of the nutrients, C, N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn and Zn, determined on a surface layer (0 - 20 cm), differed from the other treatments that were analysed. In the subsurface, excepting the concentrations of N and K, there was also predominance of the values of the macro and micronutrients for FS1. The obtained results of this research stand out the importance of vegetation for cycling and equilibrium of the ecosystem. The type of forest coverture and mineralogy show a strong influence of the concentration of the physic-chemical attributes of the soil that was researched.

Key words: Degraded areas. Nutrition. Litter.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - MAPA DA LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	31
FIGURA 2 - DIAGRAMA CLIMÁTICO (MÉDIA DA PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO DE 2008/2014) DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE CAPIVARI - PR E (MÉDIA DA TEMPERATURA MÁXIMA, MÍNIMA E MÉDIA PARA O PERÍODO DE 2011/2014) DA ESTAÇÃO DE PINHAIS - PR <sup>1</sup> .....	32
FIGURA 3 - FLORESTA SECUNDÁRIA 1 COM 65 ANOS DE IDADE .....	34
FIGURA 4 - FLORESTA SECUNDÁRIA 2 (FS2) COM 35 ANOS DE IDADE .....	35
FIGURA 5 - REGENERAÇÃO ESPONTÂNEA DE <i>Pinus spp.</i> ....	36
FIGURA 6 - ALINHAMENTO DA VEGETAÇÃO EM RELEVO ACENTUADO .....	37
FIGURA 7 - COLETA DE SERAPILHEIRA ACUMULADA .....	39
FIGURA 8 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E ACUMULADA DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA (CM) DOS INDIVÍDUOS ENCONTRADOS NAS ÁREAS DE ESTUDO .....	59
FIGURA 9 - DEPOSIÇÃO MENSAL DA FITOMASSA (FRAÇÃO FOLHAS) PELAS PRINCIPAIS ESPÉCIES AMOSTRADAS NA FS1 .....	61
FIGURA 10 - DEPOSIÇÃO MENSAL DA FITOMASSA (FRAÇÃO FOLHAS) PELAS PRINCIPAIS ESPÉCIES AMOSTRADAS NA FS2 .....	62
FIGURA 11 - DEPOSIÇÃO MENSAL DA FITOMASSA (FRAÇÃO ACÍCULAS) NO POVOAMENTO DE REGENERAÇÃO ESPONTÂNEA DE <i>Pinus spp.</i> .....	63
FIGURA 12 - CONCENTRAÇÃO DE CARBONO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA± INTERVALO DE CONFIANÇA COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> .....	80
FIGURA 13 - CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO TOTAL EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA± INTERVALO DE CONFIANÇA	

COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus</i> spp. ....	81
FIGURA 14 - ESTOQUE DE CARBONO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO ESPONTÂNEO DE <i>Pinus</i> spp.....	84
FIGURA 15 - CONCENTRAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO ESPONTÂNEO DE <i>Pinus</i> spp.....	85
FIGURA 16 - ESTOQUE DE NITROGÊNIO TOTAL EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO ESPONTÂNEO DE <i>Pinus</i> spp. ....	86
FIGURA 17 - pH $\text{CaCl}_2$ EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA $\pm$ INTERVALO DE CONFIANÇA COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO ESPONTÂNEO DE <i>Pinus</i> spp. ....	88
FIGURA 18 - CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA $\pm$ INTERVALO DE CONFIANÇA COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus</i> spp. ....	89
FIGURA 19 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO OBTIDOS ENTRE CONCENTRAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E ALUMÍNIO EM SOLOS DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus</i> spp. ....	89
FIGURA 20 - CONCENTRAÇÃO DE H+AI EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA $\pm$ INTERVALO DE CONFIANÇA COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus</i> spp. ....	90
FIGURA 21 - CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA $\pm$ INTERVALO DE CONFIANÇA COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus</i> spp. ....	92
FIGURA 22 - CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA $\pm$ INTERVALO DE CONFIANÇA COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus</i> spp. ....	94

FIGURA 23 - CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA± INTERVALO DE CONFIANÇA COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E REGENERAÇÃO DE <i>Pinus</i> spp. ....	95
FIGURA 24 - CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA± INTERVALO DE CONFIANÇA COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus</i> spp. ....	95
FIGURA 25 - CONCENTRAÇÃO DE COBRE EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA± INTERVALO DE CONFIANÇA COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus</i> spp. ....	97
FIGURA 26 - CONCENTRAÇÃO DE MANGANÊS EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA± INTERVALO DE CONFIANÇA COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus</i> spp. ....	99
FIGURA 27 - CONCENTRAÇÃO DE FERRO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA± INTERVALO DE CONFIANÇA COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus</i> spp. ....	100
FIGURA 28 - CONCENTRAÇÃO DE ZINCO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA± INTERVALO DE CONFIANÇA COM $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus</i> spp. ....	101

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA DEPOSITADA NA FLORESTA OMBRÓFILA Densa E MISTA NO SUL DO BRASIL.....	22
TABELA 2 -	LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO REALIZADO NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (1982 ATÉ 2014).....	27
TABELA 3 –	DADOS ECOLÓGICOS OBTIDOS PARA AS FLORESTAS SECUNDÁRIAS 1 E 2.....	44
TABELA 4 -	LISTAGEM DE ESPÉCIES IDENTIFICADAS EM ÁREAS EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO E SUAS RESPECTIVAS CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS EM CAMPINA GRANDE DO SUL - PR.....	46
TABELA 5 -	PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS AMOSTRADOS PARA AS ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA SECUNDÁRIA 1 (CAP $\geq$ 15 cm).....	51
TABELA 6 -	PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS AMOSTRADOS PARA AS ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA SECUNDÁRIA 2 (CAP $\geq$ 15 cm).....	54
TABELA 7 -	PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS AMOSTRADOS PARA AS FAMÍLIAS DA FLORESTA SECUNDÁRIA 1.....	57
TABELA 8 -	PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS AMOSTRADOS PARA AS FAMÍLIAS DA FLORESTA SECUNDÁRIA 2.....	58
TABELA 9 -	ALTURA, DENSIDADE E DOMINÂNCIA TOTAL DETERMINADAS NA FLORESTA SECUNDÁRIA 1 E 2.....	60
TABELA 10 -	FITOMASSA (MÉDIA $\pm$ ERRO PADRÃO COM $t_{0,05}$ E FREQUÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE O SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> .....	64
TABELA 11 -	TEOR DE C (MÉDIA $\pm$ ERRO PADRÃO COM $t_{0,05}$ E FREQUÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE O SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> .....	67
TABELA 12 -	TEOR DE N (MÉDIA $\pm$ ERRO PADRÃO COM $t_{0,05}$ E FREQUÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE O SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> .....	68

TABELA 13 -	RELAÇÃO C:N (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM t0,05 E FREQUÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE O SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> .....	69
TABELA 14 -	TEORES DE P (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM t0,05 E FREQUÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE O SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> .....	70
TABELA 15 -	TEORES DE K e Na (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM t0,05 E FREQUÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE O SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> .....	72
TABELA 16 -	TEORES DE Ca e Mg (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM t0,05 E FREQUÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE O SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> .....	72
TABELA 17 -	TEORES DE Cu E Mn (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM t0,05 E FREQUÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE O SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> .....	76
TABELA 18 -	TEORES DE Fe e Zn (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM t0,05 E FREQUÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE O SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> .....	76
TABELA 19 -	VALORES DE DENSIDADE EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> (MÉDIA DE 6 REPETIÇÕES).....	77
TABELA 20 -	VALORES DE UMIDADE EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> .....	78
TABELA 21 -	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SOLO SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO ESPONTÂNEO DE <i>Pinus spp.</i> .....	79
TABELA 22 -	RELAÇÃO DE C:N EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE <i>Pinus spp.</i> .....	82

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	16
1.1 OBJETIVO GERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	18
2.1 MATA ATLÂNTICA	18
2.2 DEGRADAÇÃO E REGENERAÇÃO NATURAL DE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS	18
2.3 CICLAGEM DE NUTRIENTES	19
2.4 PRODUÇÃO E SERAPILHEIRA	20
2.5 SERAPILHEIRA ACUMULADA E HORIZONTES ORGÂNICOS	22
2.6 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MOS)	24
2.7 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO E FITOSSOCIOLOGICO	26
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	31
3.1 CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE ESTUDO	31
3.2 ALOCAÇÃO E HISTÓRICO DAS ÁREAS DE ESTUDO	32
3.3 CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGICA	37
3.4 SERAPILHEIRA DEPOSITADA	38
3.5 SERAPILHEIRA ACUMULADA	39
3.6 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	40
3.7 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	40
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	44
4.1 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO E FITOSSOCIOLOGICO	44
4.1.1 Composição florística	44
4.1.2 Caracterização fitossociológica	49
4.1.2.1 Parâmetros fitossociológicos para às espécies da Floresta Secundária 1	49
4.1.2.2 Parâmetros fitossociológicos para às espécies da Floresta Secundária 2	53
4.1.2.3 Parâmetros fitossociológicos referentes às famílias da Floresta Secundária 1	56



4.1.2.4 Parâmetros fitossociológicos referentes às famílias da Floresta Secundária 2.....	58
4.2 COMPARAÇÃO DA ESTRUTURA DAS FLORESTAS SECUNDÁRIAS .....	59
4.3 SERAPILHEIRA DEPOSITADA.....	61
4.4 SERAPILHEIRA ACUMULADA .....	64
4.4.1 Caracterização descritiva e fitomassa dos horizontes orgânicos acumulados.....	64
4.4.1.1 Fitomassa dos horizontes orgânicos Ln, Lv e Fr.....	65
4.4.1.2 Composição química dos horizontes orgânicos .....	66
4.4.1.2.1 Teores de macronutrientes .....	66
4.4.1.2.2 Teores de micronutrientes .....	73
4.5 ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO SOLO .....	77
4.5.1 Atributos físicos .....	77
4.5.2 Atributos químicos .....	79
4.5.2.1 Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total (NT) .....	79
4.5.2.2 Estoque de Carbono Orgânico e Estoque de Nitrogênio .....	83
4.5.2.3 Acidez do Solo .....	87
4.5.2.4 Concentração de macronutrientes no solo.....	91
4.5.2.5 Concentração de micronutrientes do solo .....	96
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>103</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>126</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O bioma Mata Atlântica, terceiro maior bioma brasileiro, perfaz a costa litorânea do Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, abrangendo uma diversidade de fitofisionomias com estrutura e composições florísticas peculiares às características climáticas de cada região que ocorrem.

Diversas atividades antrópicas, principalmente, o desmatamento da vegetação original contribuiu para o desequilíbrio dos ecossistemas. Entre o período de 2011 a 2012, a taxa de desmatamento na Mata Atlântica teve um aumento de 9% em relação ao período de 2012 a 2013 (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE); FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2014).

Na década de 60, houve o desmatamento da vegetação original e a retirada das camadas superficiais do solo para a construção da barragem do reservatório da Usina Hidrelétrica Governador Pedro Viriato Parigot de Souza (Capivari-Cachoeira), localizada no município de Campina Grande do Sul – PR.

A remoção das camadas superficiais do solo, caracterizadas como áreas de empréstimo, durante a construção dos reservatórios de hidrelétricas são consideradas áreas degradadas. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2011), 25% dos solos do planeta estão degradados, sendo que 8% dos solos estão moderadamente degradados, 36% estão estáveis ou levemente degradados e 10% estão classificados como em processo de recuperação.

A remoção da vegetação natural e dos horizontes superficiais do solo alteram as condições naturais do ambiente, e principalmente, os atributos químico-físicos do solo resultando áreas de baixa resiliência. A qualidade e quantidade de carbono presente e de minerais nos solos florestais dependem dos materiais orgânicos depositados na sua superfície. Geralmente, os solos das florestas tropicais são pobres em nutrientes, sendo sua manutenção dependente dos ciclos biogeoquímicos.

Os nutrientes desempenham importância fundamental para o ecossistema em geral. Pesquisas referentes à ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais plantados ou naturais estão sendo realizados para compreender a dinâmica dos nutrientes e o funcionamento dos ecossistemas (SOUZA; DAVIDE, 2001).

Ambientes que apresentam algum grau de degradação ou encontram-se em recuperação necessitam e merecem de mais estudos científicos. Investigar os atributos químico-físicos no perfil do solo, juntamente com o comportamento da vegetação, trazem informações importantes para entender e conhecer melhor as interações solo-vegetação nesses ambientes.

Em virtude de poucas pesquisas desenvolvidas em áreas degradadas selecionaram-se três áreas em recuperação com diferentes tipos de intervenção antrópica após 25, 35 e 65 anos. A presente pesquisa está inserida e foi financiada pelo Projeto P&D: Proposta de metodologia para monitoramento e avaliação de gases de efeito estufa em reservatórios de usinas hidrelétricas brasileiras (ANEEL), coordenada pelo Instituto Lactec.

A partir do exposto no presente estudo foi testada a hipótese que as diferentes intervenções antrópicas alteraram os atributos do ecossistema em recuperação a cerca de 50 anos.

Nesse propósito, considerando a importância da recuperação de áreas degradadas e sua pertinência com a sustentabilidade dos ecossistemas, o presente estudo tem como objetivos:

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o solo, a vegetação e a ciclagem de nutrientes em três áreas em recuperação com diferentes tipos de intervenção antrópica.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a estrutura e composição das florestas nas áreas em recuperação;
- Quantificar a contribuição da fitomassa pela deposição de serapilheira nas áreas em estudo;
- Quantificar e classificar os horizontes orgânicos nas três áreas de estudo;
- Caracterizar quimicamente os horizontes orgânicos e minerais amostrados;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MATA ATLÂNTICA

A Mata Atlântica é um Hotspot mundial considerada uma das áreas mais ricas em biodiversidade e mais ameaçada do planeta, sendo decretada Reserva da Biosfera pela Unesco e Patrimônio Nacional na Constituição Federal de 1988 (INPE; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2014).

Esse bioma é constituído por várias formações florestais e ecossistemas associados que originalmente se estendiam por aproximadamente 1.300.00 km<sup>2</sup> em 17 estados do país. Atualmente os remanescentes da vegetação nativa encontram-se reduzidos a 22% de sua cobertura original e apresentam-se em diferentes estágios de regeneração. Aproximadamente 7% da vegetação encontram-se bem conservada em fragmentos acima de 100 hectares e apesar da redução desse bioma, estima-se que na Mata Atlântica existam aproximadamente 20.000 espécies vegetais (BRASIL, 2015).

### 2.2 DEGRADAÇÃO E REGENERAÇÃO NATURAL DE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS

As atividades antrópicas realizadas desordenadamente, não considerando as condições conservacionistas do ambiente, resultam em degradação dos ecossistemas naturais (VALCARCEL; SILVA, 1997). Segundo Carpanezzi et al. (1990), um ecossistema degradado é aquele que após distúrbios, teve eliminados, com a vegetação, os seus meios de regeneração natural.

A dificuldade de reproduzir a complexidade da floresta atlântica na recomposição de ambientes degradados proporcionou diversas pesquisas com o objetivo de entender melhor a dinâmica da floresta tropical, especialmente como ocorre o processo de regeneração natural (MORAES et al., 2006). Estudos referentes à regeneração natural são importantes para entender a dinâmica da vegetação, conhecer as espécies do local para posterior elaboração de projetos para recuperação de áreas degradadas.

A remoção da vegetação e a retirada da camada superficial do solo em áreas de empréstimo resultam na exposição do horizonte C e na compactação, diminuição ou perda da matéria orgânica e baixa disponibilidade de nutrientes não permitindo o desenvolvimento da regeneração natural da vegetação (FERREIRA et al., 2007).

Em florestas tropicais a agressividade e dominância de gramíneas, a recorrência das queimadas, as condições microclimáticas desfavoráveis, a baixa fertilidade dos solos e a exaustão de banco de sementes são fatores que podem resultar em uma lenta regeneração da vegetação (PARROTTA; KNOWLES; WUNDERLE, 1997).

## 2.3 CICLAGEM DE NUTRIENTES

Os nutrientes são os elementos químicos formadores da matéria viva, sendo obtidos do solo, da água e da atmosfera. A vegetação absorve os nutrientes do solo via raiz, sendo estes translocados internamente pela planta e incorporado em seus tecidos. Após a senescência da planta ou parte de seus comportimentos, inicia-se o processo de decomposição dos resíduo orgânicos e os nutrientes contidos nesse material são transferidos ao solo e disponíveis a absorção das plantas (GOLLEY et al., 1978).

O movimento da água, a maior atividade de microrganismos e ampla distribuição de raízes no solo entre os horizontes superficiais, húmus e serapilheira faz com que esses se tornem compartimentos importantes para a ciclagem envolvendo uma série de processos dentro de um ou mais ciclos naturais (CAMPOS et al., 2004).

Os ciclos geoquímico, biogeoquímico e bioquímico são responsáveis pelos processos de ciclagem que ocorrem em ecossistemas florestais. O ciclo geoquímico realiza as trocas entre o ecossistema e seus componentes externos. O ciclo biogeoquímico é responsável pelas trocas químicas entre solos, plantas e animais associados no ecossistema e o ciclo bioquímico redistribui internamente os nutrientes das plantas (SWITZER; NELSON, 1972).

Os nutrientes de ecossistemas florestais apresentam-se distribuídos em quatro compartimentos básicos, sendo: (1) o compartimento orgânico constituído pelos organismos vivos e seus restos; (2) o compartimento de nutrientes disponíveis na solução do solo ou adsorvidos às superfícies do complexo argila-húmus; (3) o compartimento de minerais primários (nutrientes temporariamente não disponíveis) e, (4) o compartimento atmosférico, formado pelos gases e partículas em suspensão (BORMANN; LIKENS, 1970).

Os processos de ciclagem de nutrientes são diferentes de florestas localizadas em regiões com clima quente das florestas de regiões com temperaturas baixas. Em regiões frias, a decomposição é lenta e encontra-se maior quantidade de matéria orgânica na camada superficial e os nutrientes permanecem no solo. Entretanto, florestas situadas em regiões de temperatura alta, as maiores quantidades desses nutrientes encontram-se na biomassa arbórea. A velocidade com que os nutrientes se movimentam entre e dentro dos compartimentos é mais rápida em uma floresta tropical do que em uma floresta temperada (ODUM, 1988).

Geralmente, os solos das florestas tropicais são pobres em nutrientes e sua manutenção dependente dos ciclos biogeoquímicos. Quando ocorre a remoção da vegetação, o ciclo de equilíbrio dinâmico é quebrado, alterando a qualidade e a quantidade de matéria orgânica no solo. Nesse processo a biomassa microbiana é reduzida e a transformação da matéria orgânica na estocagem de carbono e minerais será influenciada pelos microorganismos responsáveis pela ciclagem dos nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo (SWITZER; NELSON, 1972).

O estudo da ciclagem de nutrientes nas formações florestais é importante para compreender o funcionamento do ecossistema com base na dinâmica dos nutrientes (CUNHA et al., 1993; BRITZ et al., 1997; VIERA et al., 2010). Fornecer índice de produtividade da floresta, taxas de decomposição e fenologia das espécies (PROCTOR, 1983; DIDHAM, 1998), reservatórios e fluxos de nutrientes (MERGURO; VINUIZA; DELITTI, 1979), formação e manutenção da fertilidade dos solos (VITAL et al., 2004) e estoque e fornecimento dos nutrientes à vegetação (DOMINGOS et al., 1997).

## 2.4 PRODUÇÃO E SERAPILHEIRA

A serapilheira pode ser definida como todo material recém-depositado na superfície do piso florestal constituído pelas frações folhas, ramos, cascas, flores, frutos e inflorescências (KOEHLER, 1989) e partes vegetais fragmentadas não identificáveis que normalmente são classificadas como miscelânea.

A serapilheira faz parte de um processo fundamental na ciclagem de nutrientes caracterizando a principal via de transferência de elementos da matéria orgânica da vegetação para a superfície do solo (VITOUSEK; SANFORD, 1986).

Em formações florestais, a serapilheira é a principal via de transferência de nutrientes minerais das plantas ao solo. Entre vários processos que ocorrem na ciclagem de nutrientes, a produção e a decomposição da serapilheira são destacadas por constituir um parâmetro indicativo da capacidade produtiva das formações florestais (PAGANO, 1989; LEITÃO FILHO et al., 1993).

O conhecimento dos diversos processos que ocorrem com a serapilheira depositada são importantes para compreender melhor a dinâmica nutricional (GOLLEY, 1975), indicar a capacidade produtiva da floresta ao relacionar os nutrientes disponíveis com as necessidades nutricionais de uma dada espécie (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003), determinar o grau de fragilidade desses ecossistemas (GALLON, 2004) e, em ambientes cujas ações antrópicas ocorreram, um indicador para avaliar o processo de recuperação da vegetação (MARTINS; RODRIGUES, 1999).

Além dessas variáveis, fatores bióticos e abióticos, afetam a produção da serapilheira, tais como: altitude, latitude, precipitação, temperatura, regimes de luminosidade, relevo, decíduosidade, estágio sucessional, tipo da vegetação, disponibilidade hídrica e características do solo (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003). Além dos fatores citados anteriormente, destacam-se também os fatores internos da própria planta, como: idade, estrutura e disposição das folhas, distribuição e comportamento dos estômatos, teor de clorofila, e acumulação de hidratos de carbono (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972).

A produção da serapilheira pode variar, em ambientes antrópicos, conforme a intensidade da perturbação (DELITTI, 1989; PAGANO, 1989). A quantidade de serapilheira depositada anualmente em florestas é menor nas regiões frias quando comparado com regiões equatoriais quentes e úmidas. Florestas localizadas nas regiões árticas e alpinas produzem aproximadamente  $1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  de serapilheira anualmente. Em florestas temperadas frias em torno de  $3,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ; florestas

temperadas quentes, 5,5 Mg ha<sup>-1</sup> e 11 Mg ha<sup>-1</sup> de resíduos orgânicos em florestas equatoriais (BRAY; GORHAN, 1964).

Atualmente, no estado do Paraná, são encontradas poucas pesquisas referentes à produção de serapilheira depositada e acumulada e a ciclagem de nutrientes sob a Floresta Ombrófila Mista (FOM). A produção de serapilheira em Floresta Ombrófila Densa (FOD) e Mista (FOM), para os estados do Sul do país, é variável de acordo com a região e o período da coleta (TABELA 1).

**TABELA 1 – PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA DEPOSITADA NA FLORESTA OMBRÓFILA Densa E MISTA NO SUL DO BRASIL**

PUBLICAÇÕES	PERÍODO DE COLETA (MESES)	SERAPILHEIRA DEPOSITADA (Mg ha ano <sup>-1</sup> )	LOCAL DA COLETA
<b>FLORESTA OMBRÓFILA Densa</b>			
Bianchin (2013)	12	7,72	Antonina - PR
Bianchin (2013)	12	7,07	Antonina - PR
Bianchin (2013)	12	8,09	Antonina - PR
Dickow et al., (2012)	48	5,20	Antonina - PR
Dickow et al., (2012)	48	5,40	Antonina - PR
Dickow et al., (2012)	48	5,32	Antonina - PR
<b>FLORESTA OMBRÓFILA MISTA</b>			
Antonelo e Francisquini (2014)	12	8,10	Irati - PR
Antoneli e Thomaz (2012)	12	6,10	Prudentópolis-PR
Longhi et al., (2011)	12	7,93	São Francisco de Paula - RS
Longhi et al., (2011)	12	8,35	São Francisco de Paula - RS
Longhi et al., (2011)	12	7,02	São Francisco de Paula - RS
Fortes, Dal Col Lúcio e Storck (2008)	12	6,29	São Francisco de Paula - RS
Backes, Prates e Viola (2005)	24	10,31	São Francisco de Paula - RS
Figueiredo Filho et al., (2005)	24	6,33	Irati - PR
Figueiredo Filho et al., (2003)	24	7,74	São João do Triunfo - PR
Backes et. al., (2000)	12	7,90	São Francisco de Paula - RS
Fernandes e Backes (1998)	24	5,90	São Francisco de Paula - RS
Wisniewski et al., (1997)	24	6,97	Ponta Grossa - PR
Britez et al. (1992)	12	6,53	São Mateus do Sul - PR

Fonte: Oliva (2015)

## 2.5 SERAPILHEIRA ACUMULADA E HORIZONTES ORGÂNICOS



Em ecossistemas florestais, diversas são as variáveis que contribuem para a produção e acúmulo da serapilheira na superfície do solo. O acúmulo da serapilheira depende de vários fatores como: tipo de vegetação, nível sucessional, latitude, altitude, temperatura, ventos, precipitação, herbivoria, disponibilidade hídrica e estoque de nutrientes no solo (PORTES; KOEHLER; GALVÃO, 1996).

A serapilheira acumulada é constituída por resíduos orgânicos em diferentes estágios de decomposição, no qual se concentram grandes quantidades de raízes finas e vivas (REISSMANN, 1983).

Esses resíduos orgânicos representam a principal via de transferência de nutrientes para o solo (MARTINS; RODRIGUES, 1999). São considerados fundamentais no crescimento das plantas, representam importância indiscutível na manutenção da fertilidade e dos níveis de nutrientes no solo (GARAY; ANDRADE; KINDEL, 2001; CALVI; PEREIRA; ESPÍNDULA JÚNIOR, 2009), bem como apresentam função de proteger a superfície do solo dos raios solares, mantendo a umidade e condições necessárias para o desenvolvimento de plantas (TOY; FOSTER; RENARD, 2002).

Segundo Corrêa (2007), a deposição de material orgânico sobre o solo mineral ao longo do tempo, realizada principalmente pela vegetação, e atuação do processo de decomposição forma um perfil de camadas orgânicas distintas, conhecidas como horizontes orgânicos. A identificação dos horizontes orgânicos e a respectiva composição química são fundamentais para compreender a ciclagem de nutrientes em solos florestais pobres (REISSMANN, 1983).

O estudo dos horizontes orgânicos é um instrumento importante para a compreensão da dinâmica dos elementos no solo e em relação à ciclagem de nutrientes, a caracterização nutricional de diferentes sítios (REISSMANN, 1983).

Esses horizontes orgânicos são submetidos aos processos de decomposição e mineralização. Swift, Heal e Anderson (1979) enfatiza que a decomposição da serapilheira é decorrente de três processos: (1) lixiviação, (2) catabolismo e (3) fragmentação. A lixiviação é um processo físico que ocorre após a queda da serapilheira com a remoção de materiais solúveis pela água. O catabolismo envolve reações enzimáticas de produção-energia com complexas transformações dos componentes orgânicos em unidade simples e diminuta e, a fragmentação do material em pequenos detritos sendo colonizados e atacados pelos microorganismos.

Os diversos microorganismos do solo são responsáveis pela decomposição dos resíduos orgânicos depositados sobre a superfície do solo. As características da serapilheira influenciam a composição da microbiota do solo, sendo esse material preferencialmente decomposto por grupos diferentes de microorganismos (FREIXO et al., 2000). Ainda, Aita e Giacomine (2003) enfatizam que a decomposição é influenciada pelos teores de nutrientes, lignina, polifenóis e a relação C:N. Altos teores de lignina conferem ao material difícil decomposição (alta relação C:N) e consequentemente a imobilização do nitrogênio, reduzindo assim a disponibilidade de  $\text{N-NH}_4^+$  (amônio) e  $\text{N-NO}_3^-$  (nitrato) no solo.

Para Babel (1972), a morfologia dos horizontes orgânicos não está apenas relacionada aos processos da dinâmica da matéria orgânica, mas também à composição e crescimento da vegetação. O respectivo autor propôs a divisão dos horizontes em L, F e H e seus subhorizontes, sendo:

Horizonte L (Litter): Resíduos vegetais com o mínimo de substância fina (partículas menores que 0,2 mm), (máximo de 10%).

Subhorizonte Ln: n do latim: novus; alemão: neu; inglês: new. (Novo)  
Subhorizonte Lv: v do alemão: verandert; inglês: varied. (Alterado)

Horizonte F (Fermentação): resíduos orgânicos apresentando pouco ou médio teor de substância fina, reconhecível a olho nu facilmente.

Subhorizonte Fr: r do alemão: Pflanzenrest; (Restos Vegetais).  
Subhorizonte Fm: m do alemão: Mittel (Médio).

Horizonte H (Húmus): apenas pouco ou nenhum resíduo de plantas. Predomina substância fina. Substância mineral ocorre na proporção de 65% do peso.

Subhorizonte Hr: r do alemão: Pflanzenrest (Restos Vegetais).  
Subhorizonte Hf: f do alemão: Feisubstanz (Substância Fina).

## 2.6 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MOS)

A matéria orgânica do solo (MOS) é um produto resultante da decomposição de resíduos da vegetação (folhas, galhos, cascas, troncos, frutas, flores, sementes) acumulados sobre a superfície do solo, animais, microorganismos, raízes e exsudatos que se encontram nesse ambiente.

Para Silva, Camargo e Ceretta (2006, p. 64) o termo “matéria orgânica do solo” refere-se a todos os compostos que contêm carbono orgânico no solo, incluindo os microrganismos vivos e mortos, resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos, produtos de sua decomposição e substâncias orgânicas microbiologicamente e/ou quimicamente alteradas.

Esses resíduos presentes na superfície do solo inicialmente serão degradados pela fauna do ambiente e posteriormente pelo processo de decomposição pelos microrganismos (bactérias, fungos e actinomicetos) que utilizam o carbono presente nesses resíduos como fonte de carbono e de energia para crescimento e multiplicação. No entanto, apenas 20%, em média do carbono no solo constituirá a matéria orgânica. Os demais 80% retornam para a atmosfera na forma de CO<sub>2</sub> (PILLON et al., 2004).

Em material orgânico recém-depositado pela floresta, a taxa de decomposição, pode variar de aproximadamente 0,1% ao dia ou até 0,00001 % ou diminuir quando esses materiais encontram-se completamente decompostos. Essa variação da taxa de decomposição é decorrente das alterações da qualidade da matéria orgânica envolvendo complexos processos químicos e a sucessão de microorganismos capazes de competir pelo material orgânico (BERG, 2000).

A matéria orgânica é responsável por favorecer melhor estrutura, que favorece a infiltração de água reduzindo a vulnerabilidade do solo à erosão, compactação, escorregamentos e desertificação; melhora as propriedades químicas, físicas e biológicas (SILVA; VIDAL-TORRADO; ABREU JUNIOR, 1999; SANTOS; CAMARGO, 1999). Em povoamentos florestais torna-se fundamental na disponibilidade de nutrientes às plantas, complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, retenção de cátions, estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração e na atividade microbiana (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Temperatura e umidade são as variáveis naturais que mais influenciam os processos de decomposição dos resíduos depositados sob a superfície do solo (OADES, 1988; AMELUNG et al., 1998; LEIRÓS et al., 1999; GABRIEL; KELLMAN,

2011). Esses fatores influenciam diretamente a quantidade e qualidade da matéria orgânica (MACHADO, 2005; BOCHNER et al., 2008; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009) e o estoque na superfície do solo constitui-se indicador funcional da decomposição em sistemas florestais (SANTOS; RANGEL; CASTRO JÚNIOR, 2011).

A matéria orgânica em solos tropicais e subtropicais é de fundamental importância na fertilidade dos solos, melhora as características químicas, físicas e biológicas, aumento da capacidade de troca de cátions e participa ativamente na manutenção da sustentabilidade (BARRETO et al., 2006). A partir da sua mineralização, os nutrientes essenciais, N, P, S, K, Ca, Mg e micronutrientes são disponibilizados às plantas e, no caso do P, aproximadamente 15 a 80% do P total encontrado no solo pode ser proveniente da matéria orgânica (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Em solos degradados a matéria orgânica do solo é fundamental para a ciclagem de nutrientes no ecossistema. Segundo Poggiani e Schumacher (2000), nesses ambientes se faz necessária a rápida cobertura do solo para garantir o fluxo contínuo de serapilheira. Essa reativação do sistema propiciará a formação de um horizonte pedológico mais evoluído possibilitando melhores condições para que novas espécies possam se estabelecer e se desenvolver nesse ambiente (ANDRADE; TAVARES; COUTINHO, 2003).

A contribuição da serapilheira em termos de sua dinâmica, envolvendo aporte, decomposição e mineralização é fundamental para a sustentação da floresta (FERREIRA et al., 2007).

## 2.7 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO E FITOSSOCIOLÓGICO

A fitossociologia é ramo da Ecologia Vegetal diagnosticando qualitativa e quantitativamente as fitofisionomias e as inter-relações que ocorrem com as espécies dentro da comunidade vegetal no espaço e tempo (MARTINS, 1989; ISERNHAGEN; SILVA; GALVÃO, 2001).

Diversas pesquisas enfatizam a importância e necessidade de estudos fitossociológicos em remanescentes da Floresta Ombrófila Mista (NEGRELLE; SILVA, 1992; NASCIMENTO; LONGHI; BRENA, 2001; RONDON NETO et al., 2002;

BARDDAL et al., 2004; SEGER et al., 2005; SILVA et al., 2012) para identificar a composição e a estrutura (LONGHI et al., 2000; NASCIMENTO; LONGHI; BRENA, 2001), riqueza de espécies existentes e o valor fitossociológico (SANTOS et al., 2012) e entender a complexidade desse sistema (SCHAAF et al., 2006).

A partir da obtenção e análises dos parâmetros fitossociológicos é possível realizar o uso sustentável dos recursos florestais, visando à recuperação e conservação (GERALDI; KOEHLER; KAUANO, 2005; MEDEIROS; GUARINO; SILVA, 2005; KUNZ et al., 2010; SILVA et al., 2012) o potencial econômico e florístico da região (SANTOS et al., 2012) assegurando a manutenção da biodiversidade e sustentabilidade (NASCIMENTO; LONGHI; BRENA, 2001; KANIESKI; ARAÚJO; LONGHI, 2010) e indicando espécies potenciais para a recuperação de áreas degradadas (SANTOS et al., 2012).

A partir da identificação das espécies arbóreas e a avaliação da estrutura horizontal e vertical é possível caracterizar a vegetação florestal quanto ao seu desenvolvimento no ambiente. A análise da estrutura horizontal permite determinar a densidade, dominância, frequência e importância das espécies na floresta e, a estrutura vertical proporciona a análise do estágio de desenvolvimento da vegetação quanto à distribuição das espécies nos diferentes estratos (LONGHI et al., 2000).

Levantamento florístico e fitossociológico realizados nos últimos 30 anos na região Sul do Brasil com a Floresta Ombrófila Mista são apresentados na (TABELA 2).

TABELA 2 - LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLOGICO REALIZADO NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (1982 ATÉ 2014).

(continua)

PUBLICAÇÕES	ANÁLISE	TIPOLOGIA	LOCALIZAÇÃO
Carvalho et al. (2014)	Florística e Estrutural	FOMA	Curitiba - PR
Gilsa et al. (2014)	Florística e Estrutural	FOM	Porto União - SC
Gaspar et al. (2013)	Florística	FOM	Santa Catarina - SC
Higuchi et al. (2013)	Florística e Estrutural	FOMAM	Painel - SC
Meyer et al. (2013)	Florística e Estrutural	FOM	Santa Catarina - SC
Mognon et al. (2012)	Florística e Estrutural	FOMM	General Carneiro - PR
Souza et al. (2012)	Florística e Estrutural	FOM	Campos do Jordão - SP
Téo et al. (2014)	Florística e Estrutural	FOM	Lebon Regis - SC
Silva et al. (2012)	Florística e Estrutural	FOMM	Lages - SC

(conclusão)			
PUBLICAÇÕES	ANÁLISE	TIPOLOGIA	LOCALIZAÇÃO
Higuchi et al. (2012)	Florística e Estrutural	FOM	Planalto Catarinense - SC
Santos et al. (2012)	Florística e Estrutural	FOM	Faxinal dos Guedes - SC
Albuquerque et al. (2011)	Florística e Estrutural	FOM	Rebouças - PR
Martins et al. (2012)	Florística e Estrutural	FOMAM	Urupema - SC
Cordeiro et al. (2011)	Florística	FOM	Guarapuava-PR
Silva et al. (2010)	Florística e Estrutural	FOM	São Francisco de Paula - RS
Kanieski et al. (2010)	Estrutural	FOM	São Francisco de Paula - RS
Klauberger et al. (2010)	Florística e Estrutural	FOM	Lages - SC
Herrera et al. (2009)	Florística e Estrutural	FOM	Caçador - SC
Rode et al. (2009)	Florística	FOM	Irati - PR
Valério et al. (2008)	Florística e Estrutural	FOM	Clelândia - PR
Piroli et al. (2008)	Florística e Estrutural	FOM	Sertão - RS
Cordeiro e Rodrigues 2007	Estrutural	FOM	Guarapuava-PR
Schaaf et al. (2006)	Florística e Estrutural	FOMM	São João do Triunfo - PR
Malchow et al. (2006)	Florística e Estrutural	FOM	Fazenda Rio Grande - PR
Seeger et al. (2005)	Florística e Estrutural	FOM	Pinhais - PR
Geraldi et al. (2005)	Florística e Estrutural	FOM	Tijucas do Sul - PR
Barddal et al. (2004)	Florística e Estrutural	FOM	Araucária-PR
Rondon Neto et al. (2002)	Florística e Estrutural	FOMM	Criúva-SC
Nascimento et al. (2001)	Estrutural	FOM	Nova Prata - RS
Durigan (1999)	Florística e Estrutural	FOM	São João do Triunfo - PR
Dias et al. (1998)	Florística e Estrutural	FOM	Tibagi - PR
Negrelle e Silva (1992)	Florística e Estrutural	FOM	Caçador - SC
Roseira (1990)	Florística e Estrutural	FOM	Curitiba-PR
Galvão et al. (1989)	Estrutural	FOM	Irati - PR
Oliveira e Rotta (1982)	Estrutural	FOM	Colombo - PR

Fonte: Oliva (2015)

Sendo: **FOM**: Floresta Ombrófila Mista; **FOMAM**: Floresta Ombrófila Mista Alto Montana; **FOMM**: Floresta Ombrófila Mista Montana;

A FOM está inserida no Bioma Mata Atlântica, terceiro maior bioma brasileiro, ocupando aproximadamente uma área de 130.973.638 ha (BRASIL, 2014). Essa formação está distribuída entre os Estados da região Sul, Sudeste, Centro-Oeste com uma grande biodiversidade ambiental, resultante da proximidade da costa, relevo, solos, temperatura e regimes pluviométricos (INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS DO SUL DA BAHIA (IESB), 2007).

Segundo Brasil (2014) os remanescentes da vegetação nativa estão reduzidos a aproximadamente 22 % de sua cobertura original e encontra-se em diferentes estágios de regeneração. Atualmente restam apenas 8,5% de

remanescentes florestais acima de 100 ha (INPE; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2014). Dentre as três fitofisionomias inseridas na Mata Atlântica, a Floresta Ombrófila Mista (FOM) se destaca na região Sul do país, sendo encontrada nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além de manchas esparsas no estado de São Paulo, sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro (CARVALHO, 1994 a).

No estado do Paraná, detentor da maior extensão da Floresta Ombrófila Mista, distribuiu-se do Primeiro Planalto até a porção mais ao leste do Terceiro Planalto. Limita-se a leste pela Serra do Mar, a oeste se põe em contato com as florestas latifoliadas tropicais e subtropicais da bacia do rio Paraná e afluentes, e ao norte encontra-se com as formações tropicais mais quentes (MAACK, 1968). Devido a diversas atividades antrópicas que propiciaram a drástica redução dessa formação florestal, atualmente restaram apenas 2.310,110 ha do bioma original no estado do Paraná (INPE; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2014).

A Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucária ou Pinheiral) é uma formação florestal do Planalto Meridional Brasileiro com disjunções em áreas elevadas da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira (IBGE, 2012) e, em países vizinhos como o Paraguai e Argentina (RODERJAN et al., 2002).

Ocorre nas porções planálticas do Estado (em média entre 800 e 1200 m de altitude), não possui influência direta das massas de ar quentes e úmidas vindas do Oceano Atlântico, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano. A composição florística é fortemente influenciada pelas baixas temperaturas e pela ocorrência regular de geadas no inverno (RODERJAN et al., 2002).

A FOM compreende as formações florestais típicas e exclusivas dos planaltos da região Sul do Brasil (KLEIN, 1960). Em sua vegetação contempla representantes das floras tropical (afro-brasileira) e temperada (austro-brasileira) com marcada relevância fisionômica de espécies Coniferales e Laurales, com dominância da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), espécie com alto valor econômico e paisagístico (IBGE 1992; LEITE, 1994; RODERJAN et al., 2002).

A *Araucaria angustifolia* pode ser encontrada distintamente formando dois grupos de comunidade, sendo: 1) a *Araucaria angustifolia* apresenta-se de forma esparsa por sobre o bosque contínuo com significativa presença da imbuia (*Ocotea porosa*), a canela-amarela (*Nectandra lanceolata*), a canela-preta (*Nectandra*

*megapotamica*), a guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*), e a erva-mate (*Ilex paraguariensis*), ou 2) a *Araucária angustifolia* forma estrato superior bastante denso sobre estrato composto, basicamente, por canela-lageana (*Ocotea pulchella*), canela-amarela (*Nectandra lanceolata*), canela-guaica (*Ocotea puberula*), pinheiro-bravo (*Podocarpus lambertii*), pimenteira (*Capsicodendron dinisii*), e diversas espécies das famílias Myrtaceae e Aquifoliaceae (BRASIL, 2011).

Segundo Pires, Zeni Junior e Gaulke (2012) as florestas de araucária são de alta relevância econômica, oferecem diversos recursos madeireiros e outros produtos da floresta, além de ser considerada símbolo para a região e forma de vínculo afetivo para o seu povo.

Há poucos remanescentes bem conservados da Floresta Ombrófila Mista Montana, sendo encontrada em algumas reservas particulares e no Parque Nacional do Iguaçu. Essa formação florestal era encontrada em praticamente todo o planalto situado acima de 500 m de altitude nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (IBGE, 1992).

Nessa formação, a *Araucaria angustifolia* forma um estrato dominante e com mais de 30 metros de altura e diversas espécies associadas como: *Ocotea porosa* (Nees & C. Mart.) Barroso, *O. puberula* (Rich.) Nees, *O. pulchella* (Lauraceae), *Capsicodendron dinisii* (Schwacke) Occhioni (Canellaceae), *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera (Asteraceae), *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Eichler (Podocarpaceae), *Ilex paraguariensis*, *Cedrela fissilis*, *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (Myrtaceae), *Matayba elaeagnoides* Radlk. (Sapindaceae), *Sloanea lasiocoma* K. Schum. (Elaeocarpaceae), *Luehea divaricata* Mart. (Tiliaceae), *Mimosa scabrella* Benth. (Mimosaceae), *Dalbergia brasiliensis* Vogel (Fabaceae), *Jacaranda puberula* Cham. e *Tabebuia alba* (Cham.) Sandwith (Bignoniaceae) (GALVÃO; KUNIYOSHI; RODERJAN, 1989).

Nos estratos inferiores encontram-se vários representantes das famílias Myrtaceae, notadamente dos gêneros *Myrcia*, *Eugenia*, *Calyptanthus* e *Gomidesia*, acompanhados de Flacourtiaceae (*Casearia* e *Xylosma*), Sapindaceae (*Allophylus* e *Cupania*), Rutaceae, Symplocaceae e Aquifoliaceae (RODERJAN et al., 2002).

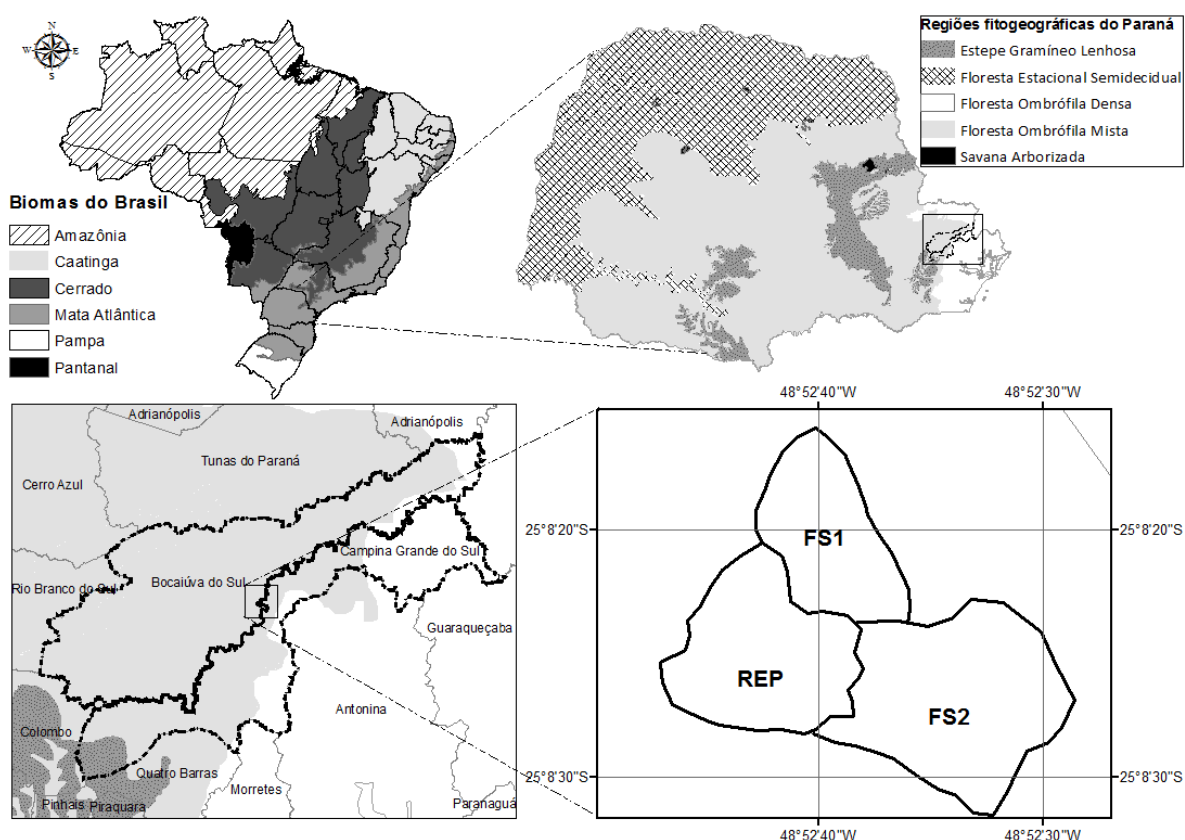


### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE ESTUDO

As áreas de estudo estão localizadas no entorno do reservatório Governador Pedro Viriato Parigot de Souza (Capivari/Cachoeira) no município de Campina Grande do Sul - Paraná (FIGURA 1).

FIGURA 1 – MAPA DA LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO



Fonte: Oliva (2015)

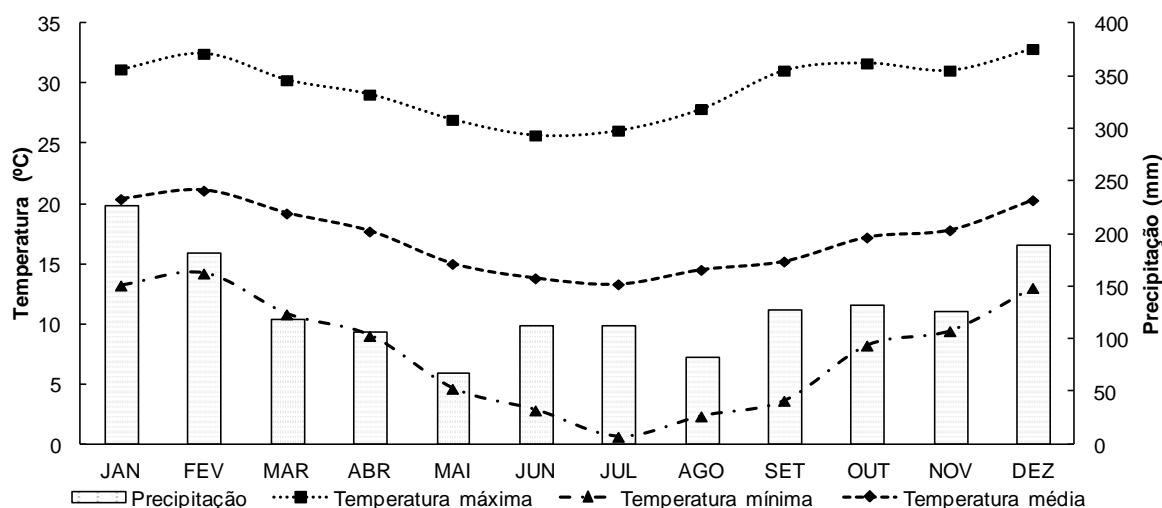
Sendo: **FS1**: Floresta Secundária 1; **FS2**: Floresta Secundária 2; **REP**: Regeneração Espontânea de *Pinus spp.*

Conforme a classificação de Köppen a região apresenta Clima Cfb – temperado, sem estação seca definida e com verões frescos, temperatura média no

mês mais frio abaixo de 18°C e temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR), 2015).

No período que compreende 2008 a 2014, a temperatura máxima foi de 32,9 °C; temperatura mínima de 0,6 °C e temperatura média de 17,1 °C. Precipitação alta nos meses de janeiro e fevereiro e baixa nos meses de maio e agosto para o período de 2011 a 2014 (FIGURA 2).

FIGURA 2 – DIAGRAMA CLIMÁTICO (MÉDIA DA PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO DE 2008/2014) DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE CAPIVARI - PR<sup>1</sup> E (MÉDIA DA TEMPERATURA MÁXIMA, MÍNIMA E MÉDIA PARA O PERÍODO DE 2011/2014) DA ESTAÇÃO DE PINHAIS - PR<sup>1</sup>.



Fonte: Adaptado de SIMEPAR (2014)

### 3.2 ALOCAÇÃO E HISTÓRICO DAS ÁREAS DE ESTUDO

O reservatório Capivari-Cachoeira está localizado na Rodovia BR-116, no município de Campina Grande do Sul – PR. As águas do Rio Capivari, a 830 m acima do nível do mar, foram represadas para a construção da Usina Governador Parigot de Souza em Antonina – PR. Com a construção da barragem de 58 m de altura e 370 m de comprimento, as águas são desviadas para o Rio Cachoeira no litoral paranaense, com desnível de 740 m, via um túnel subterrâneo de 15,4 km que

<sup>1</sup> Dados climáticos obtidos junto ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR).

atravessa a Serra do Mar (COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL), 2015).

A vegetação original localizada no entorno da represa, constituem uma região de transição (ecótono), onde as espécies da Floresta Ombrófila Densa adentram na Floresta Ombrófila Mista, predominando as espécies da Floresta com Araucária. Na Floresta com Araucária, na região sul do estado do Paraná, o pinheiro-do-paraná encontrava-se associado à *Ocotea porosa*, formando agrupamentos característicos da Floresta Ombrófila Mista Montana – FOMM (IBGE, 2012).

Bhering e Santos (2008) classificaram a região do entorno da barragem como: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, sendo mais representativo, na sequência Cambissolo Háplico Tb distrófico e Latossolo Vermelho distrófico.

Para esse estudo, selecionaram-se três áreas contíguas próximas ao reservatório Capivari-Cachoeira, em processo de recuperação e com grau distintos de histórico antrópico, compreendendo cada área de estudo 600 m<sup>2</sup>.

A primeira área de estudo é denominada na presente pesquisa como Floresta Secundária 1 (**FS1**) (FIGURA 3). Essa área foi selecionada por apresentar todos os horizontes do solo e a vegetação característica do local, a qual foi preservada durante a construção do reservatório, sendo considerada testemunha para esse estudo. Essa floresta encontra-se em relevo fortemente acentuado e foram registradas atividades antrópicas na década de 50, como a extração das espécies nativas comerciais de alto valor agregado e, também, área de agricultura abandonada pelos moradores da região. A floresta está com aproximadamente 65 anos de idade.

FIGURA 3 – FLORESTA SECUNDÁRIA 1 COM 65 ANOS DE IDADE



Fonte: Oliva (2015)

A segunda área de estudo selecionada foi a Floresta Secundária 2 (**FS2**) (FIGURA 4). Na década de 60, houve o desmatamento da vegetação e os horizontes superficiais de solos (A e B) de uma Floresta Secundária foram retiradas como empréstimo para construção da barragem do reservatório Capivari-Cachoeira. Na década de 70, houve a revegetação em parte da área degradada com a espécie bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) (REICHMANN NETO, 1981). Após 35 anos da revegetação, em relevo plano a suavemente ondulado, observam-se diversas espécies nativas que se instalaram compondo, juntamente com as bracatingas, a vegetação do local.



FIGURA 4 – FLORESTA SECUNDÁRIA 2 (FS2) COM 35 ANOS DE IDADE



Fonte: Oliva (2015)

A terceira área de estudo é denominada na presente pesquisa como Povoamento de Regeneração Espontânea de *Pinus spp.* (**REP**) (FIGURA 5).

Essa área é decorrente do mesmo processo antrópico da FS2 (desmatamento e remoção das camadas superficiais do solo), porém, nessa área o solo ficou descoberto (exposição completa dos horizontes B e C) por aproximadamente 10 anos. Após 25 anos, o gênero *Pinus* se estabeleceu formando um povoamento da espécie (mistura de *P. taeda* e *P. elliottii*) juntamente com algumas gramíneas e a espécie *Cletra Scabra* Pers. que não se desenvolve satisfatoriamente nesse ambiente.



FIGURA 5 – REGENERAÇÃO ESPONTÂNEA DE *Pinus spp.*

Fonte: Oliva (2015)

Esta área ficou exposta, sem receber os procedimentos de revegetação como as demais áreas que circundam a represa, pois se situa abaixo do dique. A invasão do *Pinus* ocorreu de forma espontânea desde então, recebendo sementes dos reflorestamentos vizinhos. A colonização por parte desta espécie ocorreu de forma lenta pela deficiência de N, pois pesquisa com adubação nitrogenada recém-instalada (dados não publicados) comprovam a forte renovação do vigor de suas copas. Inicialmente o gênero se instalou em pequenos sulcos de erosão, onde se fixaram inicialmente *Polytrichadelphus semi-angulatus* e diversas gramíneas, que deram início ao processo sucessional.

O material de origem encontra-se praticamente exposto, com linhas de fragilidade em relevo fortemente acentuado. A maior parte da vegetação e pinus presente nesse ambiente são orientadas naturalmente em forma de linha (FIGURA 6). Essa orientação é decorrente do processo de intemperismo do material de origem em determinadas porções de maior fragilidade que condiciona um acúmulo



de resíduos orgânicos em sulcos, possibilitando a germinação e induzindo o alinhamento da vegetação, como se tivessem sido plantadas em linha.

FIGURA 6 – ALINHAMENTO DA VEGETAÇÃO EM RELEVO ACENTUADO



Fonte: Oliva (2015)

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLÓGICA

Para as caracterizações florística e fitossociológica da FS1 e FS2 foram alocadas 10 parcelas de 10 x 15 m<sup>2</sup>, totalizando 1500 m<sup>2</sup> para cada área de estudo. Foram amostrados todos os indivíduos arbóreos com circunferência à altura do peito (CAP) igual ou superior a 15 cm, obtendo a CAP e a altura de cada indivíduo amostrado. As árvores mortas foram consideradas na amostragem, por se tratar de uma informação relevante ao levantamento.

As espécies não identificadas no campo foram coletadas e identificadas com auxílio de literatura e a partir de exsicatas tombadas no Herbário da Universidade

Federal do Paraná, no Herbário das Faculdades Integradas Espírita e no Museu Botânico Municipal de Curitiba – PR. A nomenclatura botânica foi conferida com o banco eletrônico de dados da Lista de Espécies da Flora do Brasil (2015). As espécies foram classificadas nas categorias sucessionais (grupos ecológicos): pioneiras e não pioneiras, pelo modo de dispersão dos propágulos e pela tolerância à sombra (Guilda de Regeneração), conforme literaturas (BACKES e IRGANG, 2002; CARVALHO, 2006; LORENZI, 2008).

Para a caracterização dos parâmetros fitossociológicos, foi utilizado o programa FITOPAC 2.1 (SHEPERD, 2011), que calcula os parâmetros de frequência, densidade, dominância, valor de importância e valor de cobertura, bem como o Índice de Diversidade de Shannon e Simpson.

### 3.4 SERAPILHEIRA DEPOSITADA

Para a coleta da serapilheira depositada foram alocados cinco coletores circulares de serapilheira de 0,75 cm de diâmetro confeccionados com cano de PVC e tela de nylon de 2 mm em cada parcela (quatro coletores nas extremidades e um coletor na região central da parcela), totalizando 20 coletores em cada área de estudo.

As amostras foram coletadas quinzenalmente durante 12 meses (abril de 2012 a março de 2013). No laboratório, as amostras foram secas em estufa a 60 °C até peso constante. Após secas, as amostras foram triadas em frações: Fração Folhas (FF), separadas de acordo com a espécie, e as folhas não identificadas foram classificadas como folhas diversas; Fração Ramos (FR) e Fração Miscelânea (FM) (flores, frutos, sementes e restos vegetais não identificáveis) e pesadas em balança de precisão para obtenção da massa seca individual de cada amostra.

Para esse estudo foi selecionada somente a fração folhas identificadas. A fitomassa das espécies foi analisada sob o delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos (FS1, FS2 e REP) e 20 repetições. Para cada espécie, foram realizadas médias e gerados gráficos representativos para cada tratamento no software Microsoft Office Excel® 7.0.



### 3.5 SERAPILHEIRA ACUMULADA

Para a coleta da serapilheira acumulada, nos três tratamentos, utilizou-se um gabarito de 25 x 25 cm (0,0625 m<sup>2</sup>) no interior do qual foram caracterizados os horizontes orgânicos (FIGURA 7).

FIGURA 7 – COLETA DE SERAPILHEIRA ACUMULADA



Fonte: Winagraski (2012)

As amostras foram coletadas na estação inverno de 2012, triadas no local da coleta separando e classificando-se os horizontes e sub-horizontes, os quais foram acondicionados em cartuchos plásticos devidamente identificados. No laboratório as amostras foram pesadas para obtenção da massa fresca; peneirados os horizontes Fr em peneira de 0,5 mm para separação do horizonte H, sendo, então, as amostras secas em estufa à 60° C até peso constante. Posteriormente, as amostras foram pesadas, para obtenção da massa seca; moídas e peneiradas em peneira de 0,2 mm, para análise do C e N. Para determinação dos resultados analíticos, as amostras, foram analisadas quimicamente quanto aos teores de macro e micronutrientes e Na após digestão total a 500 °C, e solubilização em ácido clorídrico 3 mol L<sup>-1</sup> (MARTINS; REISSMANN, 2007).

Os teores de C e N foram determinados no analisador modelo VARIO EI III, marca Elementar. O teor de P foi determinado por colorimetria em espectrofotômetro UV/VIS Shimadzu. K e Na determinados por espectrometria de emissão e Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn analisados pelo método de absorção atômica (PERKIN-ELMER, 1976).

Os valores obtidos referentes à fitomassa e aos nutrientes contidos nos horizontes orgânicos foram analisados conforme o delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos (FS1, FS2 e REP) e 20 repetições. Para cada

variável analisada, calcularam-se as seguintes estatísticas: média, frequência, erro padrão com Teste t de Student ( $p < 0,05$ ) (STEEL; TORRIE, 1980).

### 3.6 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Para a coleta de solo, selecionaram-se cinco pontos amostrais em cada parcela (quatro pontos nas extremidades e outro na região central) dos três tratamentos analisados. Coletaram-se solos em diferentes profundidades até 100 cm na estação inverno de 2012, totalizando 160 amostras de solo para cada tratamento, com 20 repetições. As amostras superficiais 0 - 2,5; 2,5 - 5,0; 5,0 - 10 e 10 - 20 cm foram coletadas com o auxílio de espátula e régua.

Após a coleta dos horizontes minerais superficiais coletaram-se as amostras subsuperficiais 20 - 40; 40 - 60; 60 - 80 e 80 - 100 cm com auxílio de trado holandês. Todas as amostras foram acondicionadas em plásticos devidamente identificados e encaminhados para posteriores procedimentos laboratoriais.

Os procedimentos e as análises dos atributos químicos foram realizados no laboratório de Fertilidade e Química do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR conforme metodologia descrita em (MARQUES; MOTTA, 2003).

Para determinação dos teores de COT e NT, as amostras de solo foram moídas em gral de ágata e passadas em peneira de 250  $\mu$ m. Posteriormente, as amostras foram pesadas e a concentração dos nutrientes foi determinada pelo método de combustão seca pelo analisador modelo VARIO EI III, marca Elementar.

### 3.7 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Para determinação dos atributos físicos do solo foram abertas duas trincheiras, com 1 m de profundidade e 0,50 m de largura para cada área de estudo. Foram coletadas amostras de solo em diferentes profundidades em função da caracterização das camadas no perfil do solo.

Para a determinação da densidade do solo, coletaram-se amostras nas seguintes profundidades: 0 - 5; 5 - 10; 10 - 20; 20 - 40 e 40 - 100 cm para a FS1; 0 - 7; 7 - 15; 15 - 40; 40 - 80 e 80 - 100 cm na FS2; e 0 - 10; 10 - 20; 20 - 40; 40 - 80 e 80 - 100 cm no solo sob a REP. Foram coletadas três amostras de solo (repetições) para cada profundidade, em cada perfil do solo, totalizando 30 amostras.

Para a densidade do solo, coletaram-se amostras com anéis volumétricos (anel de Copecky) (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 1997). Coletadas, as amostras foram embaladas em papel alumínio e acondicionadas em sacos plásticos para evitar perda de umidade. No laboratório de Física do Solo – UFPR, as amostras foram pesadas e secas em estufa a 105 °C, por 24 horas. Na sequência, as amostras secas foram pesadas para obtenção dos valores da massa seca, para posterior determinação da densidade (EMBRAPA, 1997).

A densidade do solo foi calculada de acordo com a equação abaixo:

$$Ds = \frac{m}{V_c}$$

onde:

Ds = Densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>)

M = Massa de solo seco (g)

Vc = Volume do anel (cm<sup>-3</sup>)

Para a determinação da umidade do solo coletaram-se amostras nas seguintes profundidades: 0 - 2,5; 2,5 - 5; 5 - 10; 10 - 20; 20 - 40; 40 - 60; 60 - 80 e 80 a 100 cm. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e fechados para determinação da umidade no laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos e Engenharia da UFPR, conforme metodologia (EMBRAPA, 1997).

A umidade do solo foi determinada conforme equação abaixo:

$$U\% = \frac{M_u - M_s \times 100}{M_s}$$

onde:

U = Umidade do solo (%)

Mu = Massa de solo úmido (g)

Ms = Massa de solo seco em estufa (g)

Coletaram-se amostras de solo nas profundidades 0 - 5; 5 - 10; 10 - 20; 20 - 40; 40 a 100 cm para determinação da granulometria pelo método do densímetro no Laboratório de Física do Solo do DSEA-UFPR e a classe textural conforme metodologia (EMBRAPA, 1997).

Os atributos químicos do solo foram analisados conforme o delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas (profundidades), com três tratamentos (FS1, FS2 e REP) e 8 profundidades, com 20 repetições para cada variável analisada.

Os resultados médios obtidos dos atributos químicos do solo nas diferentes profundidades e tratamentos foram comparados por meio de intervalo de confiança ( $p \leq 0,05$ ) determinados no Microsoft Office Excel® 7.0. Os gráficos de intervalo de confiança, para cada variável em profundidade, foram gerados no software Microsoft Office Excel® 7.0.

As médias dos respectivos atributos químicos em cada profundidade foram comparadas utilizando, o Test t de Student, para média com significância heterogênea pela seguinte equação (STEEL; TORRIE, 1980):

$$t = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

onde:

- $\overline{x_1}, \overline{x_2}$  são as médias de cada atributo do solo referente aos tratamentos comparados
- $s_1^2, s_2^2$  são as estimativas das variâncias e cada tratamento
- $n_1, n_2$  são o número de repetição de cada tratamento

Para determinar o enquadramento, para interpretação dos valores (alto, médio e baixo), dos atributos químicos, calcularam-se valores médios para as camadas superficiais (0 – 20 cm), e em subsuperfície (20 – 100 cm).

Os estoques de COT e NT no solo foram calculados conforme as seguintes equações (VELDKAMP, 1994).

$$COT = \frac{CO \times Dap \times Esp}{10} \qquad NT = \frac{N \times Dap \times Esp}{10}$$

onde:

- COT = estoque de C orgânico em determinada profundidade (Mg ha<sup>-1</sup>)
- NT = estoque de N em determinada profundidade (Mg ha<sup>-1</sup>)
- CO = concentração de carbono orgânico na profundidade amostrada (g kg<sup>-1</sup>)
- N = concentração de nitrogênio na profundidade amostrada (g kg<sup>-1</sup>)
- Dap = densidade do solo na profundidade (kg dm<sup>-3</sup>)
- Esp = espessura da camada considerada (cm)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO E FITOSSOCIOLÓGICO

#### 4.1.1 Composição florística

No levantamento realizado para as florestas secundárias foram encontradas 97 espécies, pertencentes a 51 famílias botânicas (TABELA 3).

Na FS1, foram amostradas 57 espécies pertencentes a 27 famílias botânicas, enquanto na FS2 foram amostradas 40 espécies pertencentes a 24 famílias. O maior número de espécies (28) foi amostrado em ambas as áreas, enquanto 12 espécies ocorrem em apenas uma das áreas. Com exceção das espécies *Hovenia dulcis* e *Pinus elliottii* encontradas na FS1 e *Pinus elliottii* na FS2, as demais espécies amostradas nas áreas são de origem nativa.

Na REP, apenas espécies do gênero *Pinus* dominaram a composição florística arbórea.

TABELA 3 - DADOS ECOLÓGICOS OBTIDOS PARA AS FLORESTAS SECUNDÁRIAS 1 E 2

TRATAMENTO	DENSIDADE	RIQUEZA		ÍNDICE	
		ESPÉCIES	FAMÍLIAS	SHANNON	SIMPSON
FS1	362	57	27	3,39	0,050
FS2	431	40	24	2,89	0,087

Fonte: Oliva (2015)

O valor do índice de Shannon-Wiener encontrado para FS1 ( $H' = 3,39$  nats indivíduo<sup>-1</sup>) e FS2 ( $H' = 2,89$  nats indivíduo<sup>-1</sup>) indicou superioridade e semelhante heterogeneidade, respectivamente, quando comparado com outros estudos realizados na Floresta Ombrófila Mista (HIGUCHI et al. 2012; NEGRINI et al. 2012; SOUZA et al. 2014).

Em fragmentos remanescentes da FOM e FOMM no estado do Paraná, o índice de diversidade Shannon encontrado foi 1,92 nats ind<sup>-1</sup> (AMARAL et al., 2013); 2,09 nats ind<sup>-1</sup> (MORO; MILAN; MORO, 2012); 2,18 nats ind<sup>-1</sup> (SEGER et al., 2005); 2,79 nats ind<sup>-1</sup> (CORDEIRO; RODRIGUES, 2007); 2,89 nats ind<sup>-1</sup> (MOGNON et al.,

2012); 3,0 nats ind<sup>-1</sup> (NASCIMENTO; LONGHI; BRENA., 2001) e de 3,51 nats ind<sup>-1</sup> (DURIGAN, 1999).

Valores baixos de índice de Simpson de 0,050 foram encontrados para FS1 e de 0,087 para a FS2. Esses resultados obtidos configuram uma baixa dominância de determinada espécie nos tratamentos analisados. Kanieski, Araujo e Longhi (2010) enfatizam que quanto maior os valores do Índice de Simpson, maior a dominância por uma ou poucas espécies. Os resultados obtidos nesse estudo, quando comparados com outras pesquisas realizadas com a mesma formação florestal, podem ser considerados altos (SOUSA et al., 2002; WATZLAWICK et al., 2005) e baixos (DURIGAN, 1999; BARDDAL et al., 2004; VALÉRIO et al., 2008; RODE et al., 2009; KANIESKI; ARAUJO; LONGHI, 2010; ALBUQUERQUE; WATZLAWICK; MESQUITA, 2011; SAWCZUK et al., 2012; DALLA CORTE et al., 2013).

Ao analisar a composição florística e a estrutura do componente arbóreo de um fragmento de FOMM, localizado no município de General Carneiro – PR, Watzlawick *et al.* (2005) obtiveram valor do índice de Simpson de 0,040 considerado baixo pelo autor, uma vez, que os valores do índice se encontram entre 0 e 1. Portanto, resultados obtidos mais próximos de 1 configuram maior a dominância de determinada espécie no ambiente como pode ser verificado no resultado de Durigan (1999) que obteve valor do índice de 0,951 na FOM em General Carneiro – PR.

As famílias com maior representatividade, identificadas na FS1, foram Fabaceae e Myrtaceae (7 espécies cada uma); Asteraceae (5 espécies); Lauraceae e Sapindaceae (4 espécies cada uma); Primulaceae e Salicaceae (3 espécies cada uma) e Melastomataceae, Euphorbiaceae, Arecaceae e Solanaceae (2 espécies cada uma).

Na FS2, as famílias que contribuíram com maior riqueza de espécies, foram Lauraceae (5 espécies); Asteraceae (4 espécies); Myrtaceae e Salicaceae (3 espécies cada uma) e Arecaceae, Aquifoliaceae, Fabaceae, Melastomataceae, Primulaceae e Symplocaceae (2 espécies cada uma) (TABELA 4).

TABELA 4 - LISTAGEM DE ESPÉCIES IDENTIFICADAS EM ÁREAS EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO E SUAS RESPECTIVAS CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS EM CAMPINA GRANDE DO SUL - PR.

(continua)

ESPÉCIES	NOME POPULAR	SD	GE	GR	FS1	FS2	REP
<b>ANACARDIACEAE</b>							
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira-vermelha	ZO	P	I	44	13	-
<b>ANNONACEAE</b>							
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	Pindaíba	ZO	NP	T	-	3	-
<b>AQUIFOLIACEAE</b>							
<i>Ilex brevicauspis</i> Reissek	Voadeira	ZO	NP	T	-	1	-
<i>Ilex microdonta</i> Reissek	Caúna	ZO	NP	T	-	2	-
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	Orelha de mico	ZO	NP	T	-	1	-
<b>ARAUCARIACEAE</b>							
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze***	Pinheiro-do-Paraná	ZO	P	I	-	1	-
<b>ARECACEAE</b>							
<i>Geonoma schottiana</i> Mart.	Guaricana	ZO	NP	T	1	4	-
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Jerivá	ZO	P	I	3	2	-
<b>ASTERACEAE</b>							
<i>Baccharis calvenscens</i> DC	Alecrim-do-mato	AN	P	I	2	-	-
<i>Baccharis oreophila</i> Malme	Vassoura	AN	P	I	16	96	-
<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	Vassourão-branco	AN	P	I	1	9	-
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	Vassourão-cambará	AN	P	I	3	10	-
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	Vassourão-preto	AN	P	I	1	11	-
<b>CELASTRACEAE</b>							
<i>Maytenus gonoclada</i> Mart.	Maytenus	ZO	NP	T	1	7	-
<b>CLETHRACEAE</b>							
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Carne de Vaca	AN	P	I	47	34	-
<b>CUNONIACEAE</b>							
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	Guaraperê	AN	P	I	6	-	-
<b>CYATHEACEAE</b>							
<i>Cyathea phalerata</i> Mart.	Xaxim-espinhento	AN	NP	T	13	38	-
<b>EUPHORBIACEAE</b>							
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	Tapiá	ZO	NP	I	3	2	-
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	Canemaçu	ZO	P	I	1	-	-
<b>FABACEAE</b>							
<i>Ateleia glazioviana</i> Baill.	Timbó	AN	P	I	1	-	-
<i>Dahlstedtia floribunda</i> (Vogel) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo	Embira-de-sapo-timbó	ZO	NP	T	2	-	-
<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	Jacarandá	AN	NP	I	1	-	-
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	Cateretê	AN	NP	I	2	-	-
<i>Machaerium stipitatum</i> Vogel	Farinha-seca	AN	NP	I	14	-	-
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Bracatinga	AN	P	I	3	9	-
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	Chuva-de-ouro	AU	P	I	5	2	-
<b>LAMIACEAE</b>							
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Pau gaióla	ZO	P	I	-	3	-
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	Tarumã	ZO	NP	I	3	-	-



(continuação)

ESPÉCIES	NOME POPULAR	SD	GE	GR	FS1	FS2	REP
<b>LAURACEAE</b>							
<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Kosterm.	Canela-crespa	ZO	NP	T	-	1	-
<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	Canela-fogo	ZO	NP	I	-	1	-
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	Canela-amarela	ZO	NP	T	5	4	-
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Canelinha	ZO	NP	T	1	-	-
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	Canela-ferrugem	ZO	NP	T	-	2	-
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees**	Canela-guaicá	ZO	NP	T	5	3	-
<i>Persea major</i> (Meisn.) L.E.Kopp	Pau-de-andrade	ZO	NP	I	2	-	-
<b>LAXMANNIACEAE</b>							
<i>Cordyline spectabilis</i> Kunth & Bouché	Varaneira	ZO	NP	T	25	1	-
<b>MELASTOMATACEAE</b>							
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	Pixirica	ZO	P	I	14	6	-
<i>Tibouchina sellowiana</i> Cogn.	Quaresmeira	AN	P	I	1	22	-
<b>MELIACEAE</b>							
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	AN	NP	I	1	-	-
<b>MYRTACEAE</b>							
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	Murta	ZO	NP	T	1	-	-
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	Guabiroba	ZO	NP	T	1	-	-
<i>Eugenia neoverrucosa</i> Sobral	Guamirim	ZO	NP	T	2	-	-
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitangueira	ZO	NP	T	1	-	-
<i>Myrcia hatschbachii</i> D.Legrand	Caingá-verdadeiro	ZO	NP	I	8	-	-
<i>Myrcia</i> sp.	Guamirim	ZO	NP	I	-	1	-
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Guamirim	ZO	NP	I	10	63	-
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá	ZO	NP	I	1	-	-
<b>PINACEAE</b>							
<i>Pinus elliottii</i> L.*	Pinus	AN	P	I	2	8	-
<i>Pinus</i> spp.*	Pinus	AN	P	I			106
<b>PRIMULACEAE</b>							
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Capororoquinha	ZO	P	I	8	17	-
<i>Myrsine laetevirens</i> (Mez) Arechav.	Capororoca	ZO	NP	I	1	-	-
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Capororocão	ZO	NP	I	13	19	-
<b>RHAMNACEAE</b>							
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.*	Uva-do-japão	ZO	P	I	1	-	-
<b>ROSACEAE</b>							
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pessegueiro-bravo	ZO	NP	I	13	-	-
<b>RUBIACEAE</b>							
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	Café-do-mato	ZO	NP	I	10	1	-
<b>RUTACEAE</b>							
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Juvevê	ZO	NP	I	15	1	-
<b>SALICACEAE</b>							
<i>Banara parviflora</i> (A.Gray) Benth.	Farinha-seca	ZO	NP	I	1	-	-
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	Guaçatunga-graúda	ZO	NP	I	7	4	-
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Guaçatunga-preta	ZO	NP	I	5	13	-
<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	Sucará	ZO	NP	I	-	1	-

(conclusão)

	NOME POPULAR	SD	GE	GR	FS1	FS2	REP
<b>SAPINDACEAE</b>							
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	Vacum	ZO	NP	T	9	-	-
<i>Allophylus petiolulatus</i> Radlk.	Vacum-folha-larga	ZO	NP	T	1	-	-
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Cuvatã	ZO	NP	I	6	-	-
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Miguel-pintado	ZO	NP	I	26	-	-
<b>SAPOTACEAE</b>							
<i>Chrysophyllum</i> cf. <i>marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	Aguaí-vermelho	ZO	P	T	3	-	-
<b>SOLANACEAE</b>							
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Fumo-bravo	ZO	P	I	1	-	-
<i>Solanum sanctae-catharinae</i> Dunal	Canema	ZO	P	I	1	-	-
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	Fumeirinho	ZO	NP	I	2	2	-
<b>SYMPLOCACEAE</b>							
<i>Symplocos pentandra</i> (Mattos) Occhioni ex Aranha	Sete-sangrias	ZO	NP	I	-	10	-
<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand	Maria-Mole	ZO	NP	I	6	3	-

Fonte: Oliva (2015)

**SD** – Síndrome de dispersão; **GE** – Grupo Ecológico; **GR** – Guilda de Regeneração; **ZOO** – dispersão zoocórica; **ANE** – dispersão anemocórica; **AUT** – dispersão autocórica; **P** – espécie pioneira; **NP** – espécie não pioneira; **T** – tolerante à sombra; **I** – intolerante à sombra.

\*Espécie Exótica      \*\*Espécie de baixa preocupação (Least Concern - Red List)

\*\*\*Espécies ameaçadas (Critically Endangered - Red List)

Considerando que a área de estudo encontra-se em um ecótono, as famílias encontradas nesse estudo configuram um padrão florístico para Floresta Ombrófila Mista, sendo, também, muitas dessas famílias, as mais representativas em área de conservação e preservação (SEGER et al., 2005; WATZLAWICK et al., 2005; SANTOS et al., 2012) e em remanescentes antropizados (NEGRELLE; SILVA, 1992; NASCIMENTO; LONGHI; BRENA, 2001; RONDON NETO et al., 2002; SANQUETA, 2002). Portanto, a Floresta Ombrófila Mista representa a matriz com maior peso na ocupação das florestas secundárias na área de estudo.

*Araucaria angustifolia* que é uma espécie arbórea dominante e característica da Floresta Ombrófila Mista, sendo destacada em diversas pesquisas como a espécie mais frequente e com maior número de indivíduos (RONDON NETO et al., 2002; SCHAAF et al., 2006; MOGNON et al., 2012), foi constatada nesse estudo, sendo identificado apenas um indivíduo da espécie na FS2 (TABELA 4). Na FS1, a espécie provavelmente não estava presente pelo fato dos indivíduos terem sido extraídos seletivamente no passado; e na FS2 os indivíduos apresentam pequeno porte e com CAP inferior à medida mínima considerada no presente estudo.

Com exceção das espécies *Hovenia dulcis* e *Pinus elliottii* encontradas na FS1 e *Pinus elliottii* na FS2 (TABELA 4), as demais espécies, inventariadas nos respectivos tratamentos são de origem nativa. A presença de espécies exóticas nesses ambientes evidencia que as áreas sofreram interferência antrópica, alterando a composição florística da vegetação.

A presença de *Hovenia dulcis*, conhecida como uva-do-japão, espécie exótica com alto potencial de dispersão e propagação encontrada no remanescente da FOM (FS1) é decorrente da zoocoria (CARVALHO, 1994 b). Conforme o autor citado, a referida espécie apresenta frutificação consistente e regeneração intensa por sementes, ocorrendo em diversas florestas do Sul do país, na Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Semidecidual. A espécie apresenta rápido crescimento, fácil adaptação, tolerante a sombra, ausência de inimigo natural, nociva ao desenvolvimento de espécies autóctones, sendo essas, muitas vezes, substituídas pela espécie exótica (PIMENTEL et al., 2008), comprometendo o equilíbrio da formação vegetal. Encontrada em levantamentos realizados em áreas florestais (SEGER et al., 2005; SCHAAF et al., 2006; RODE et al., 2009), parques ambientais (KOZERA; DITTRICH; SILVA, 2006; VALERIO et al., 2008; CORDEIRO; RODERJAN; RODRIGUES, 2011) e, em áreas em processo de recuperação (VIGILATO; ZAMPAR, 2011).

#### 4.1.2 Caracterização fitossociológica

Os valores absolutos e relativos de densidade, frequência, dominância, valor de importância e valor de cobertura das espécies arbóreas amostradas com CAP  $\geq$  15 cm, encontram-se nas Tabelas 5 e 6, respectivamente para a FS1 e FS2.

##### 4.1.2.1 Parâmetros fitossociológicos para às espécies da Floresta Secundária 1

Na área inventariada encontraram-se um total de 382 indivíduos por hectare, correspondendo destes 41,3 % distribuídos em apenas cinco espécies sendo:

*Schinus terebinthifolius*, *Clethra scabra*, *Matayba elaeagnoides*, *Cordyline spectabilis* e *Baccharis oreophila*. As espécies que se destacaram nesse estudo foram *Clethra scabra* com 12,3 % e *Schinus terebinthifolius* com 11,5 % do total dos indivíduos inventariados. As espécies com maiores valores de densidade absoluta (DA) foram *Clethra scabra* (313,3 indivíduos/ha); *Schinus terebinthifolius* (293,3 indivíduos/ha); *Matayba elaeagnoides* (173,3 indivíduos/ha); *Cordyline spectabilis* (166,7 indivíduos/ha) e *Baccharis oreophila* (106,7 indivíduos/ha).

*Schinus terebinthifolius* foi à espécie que apresentou os maiores valores de frequência, valor de importância e valor de cobertura se destacando como planta dominante do ambiente como já observado por outros autores (KLEIN; HATSCHBACH, 1962; IMAGUIRE, 1980; BARDAL et al., 2004; BILA, 2012; MACHADO et al., 2013). Essa espécie apresenta comportamento de espécie pioneira (CARVALHO, 1994 a) e secundária (SABBI; ÂNGELO; BOEGER, 2010), sendo encontrada com frequência em capoeiras das encostas, e em beira de rios das formações Aluvial e Montana da FOM (CARVALHO, 2003).

Devido a sua plasticidade morfológica, é possível observar a espécie crescendo em ambientes sombreados com espécies já estabelecidas e em ambientes com maior incidência à luz, como verificado nesse estudo para a FS1 e FS2. Essa capacidade de adaptar-se a diferentes ambientes, também foi verificada por Sabbi, Ângelo e Boeger, 2010, pelo fato da espécie apresentar habilidade de aclimação a uma faixa de intensidades luminosas desde a pleno sol até condições de sombreamento (CARVALHO, 2003).

Com relação ao valor de importância e cobertura, os maiores valores determinados foram para as espécies foram *Schinus terebinthifolius*, *Clethra scabra*, *Matayba elaeagnoides* e *Cordyline spectabilis*. Juntas, correspondem a 32,7 % do valor de importância e 40,5 % de cobertura do total das espécies amostradas nessa floresta.

Do total de 342 indivíduos correspondentes a 37 espécies, 20 espécies foram representadas com apenas um indivíduo amostrado, os quais foram responsáveis pelos baixos valores de densidade e frequência. Espécies estas consideradas determinantes da diversidade para essa fitofisionomia.

As espécies emergentes do dossel, com altura média de 14 m, foram *Ateleia glazioviana*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Dalbergia brasiliensis* e *Solanum mauritianum* (TABELA 5).

TABELA 5 - PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS AMOSTRADOS PARA AS ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA SECUNDÁRIA 1 (CAP  $\geq$  15 cm)

(continua)

ESPÉCIES	H média (m)	DA (ind/ha)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m <sup>2</sup> /ha)	DoR (%)	VI (%)	VC (%)
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	11,6	293,3	11,5	90	5,7	5,9	16,9	11,4	14,2
<i>Clethra scabra</i> Pers.	10,7	313,3	12,3	80	5,1	5,7	16,2	11,2	14,3
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	11,2	173,3	6,8	40	2,5	3,0	8,5	6,0	7,7
Morta	6,1	133,3	5,2	90	5,7	2,3	6,6	5,8	5,9
<i>Cordyline spectabilis</i> Kunth & Bouché	4,3	166,7	6,5	60	3,8	0,7	2,0	4,1	4,3
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	10,4	100,0	3,9	30	1,9	1,4	4,0	3,3	4,0
<i>Machaerium stipitatum</i> Vogel	10,0	93,3	3,7	50	3,2	1,0	2,8	3,2	3,3
<i>Baccharis oreophila</i> Malme	8,8	106,7	4,2	20	1,3	1,4	3,8	3,1	4,0
<i>Cyathea phalerata</i> Mart.	5,4	86,7	3,4	50	3,2	0,8	2,2	2,9	2,8
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	9,2	66,7	2,6	60	3,8	0,6	1,8	2,8	2,2
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	7,6	93,3	3,7	50	3,2	0,3	0,9	2,6	2,3
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	13,4	33,3	1,3	30	1,9	1,4	4,1	2,4	2,7
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	9,1	66,7	2,6	50	3,2	0,4	1,2	2,3	1,9
<i>Myrsine ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	9,6	53,3	2,1	50	3,2	0,6	1,7	2,3	1,9
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	8,3	60,0	2,4	50	3,2	0,5	1,3	2,3	1,8
<i>Myrcia hatschbachii</i> D.Legrand	8,3	53,3	2,1	50	3,2	0,3	1,0	2,1	1,5
<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand	10,3	40,0	1,6	30	1,9	0,8	2,3	1,9	1,9
<i>Lamanonia temata</i> Vell.	9,8	40,0	1,6	30	1,9	0,7	2,1	1,9	1,8
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	7,8	33,3	1,3	50	3,2	0,3	0,7	1,7	1,0
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	7,6	46,7	1,8	40	2,5	0,2	0,6	1,7	1,2
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	13,0	33,3	1,3	20	1,3	0,7	2,1	1,6	1,7
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	8,8	20,0	0,8	20	1,3	0,7	2,1	1,4	1,4
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	7,8	40,0	1,6	30	1,9	0,1	0,4	1,3	1,0
<i>Alchomea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	10,0	20,0	0,8	30	1,9	0,3	0,8	1,2	0,8
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	6,2	20,0	0,8	30	1,9	0,3	0,8	1,2	0,8
<i>Baccharis calvescens</i> DC	13,5	13,3	0,5	20	1,3	0,6	1,7	1,2	1,1
<i>Vitex megapota mica</i> (Spreng.) Moldenke	9,2	20,0	0,8	20	1,3	0,5	1,3	1,1	1,0
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Bameby	7,0	33,3	1,3	20	1,3	0,1	0,3	1,0	0,8
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	7,3	20,0	0,8	30	1,9	0,1	0,2	1,0	0,5
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	10,0	13,3	0,5	20	1,3	0,3	0,9	0,9	0,7
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	11,0	20,0	0,8	10	0,6	0,4	1,2	0,9	1,0

(conclusão)

ESPÉCIES	H média (m)	DA (ind/ha)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m <sup>2</sup> /ha)	DoR (%)	VI (%)	VC (%)
<i>Chrysophyllum cf. marginatum</i> (Hock. & Arn.) Radlk.	10,0	20,0	0,8	20	1,3	0,1	0,3	0,8	0,5
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	10,5	13,3	0,5	20	1,3	0,2	0,5	0,8	0,5
<i>Piptocarpha axilaris</i> (Less.) Baker	6,3	20,0	0,8	20	1,3	0,1	0,3	0,8	0,5
<i>Dahlstedtia floribunda</i> (Vogel) M. J. Silva & A. M. G. Azevedo	11,0	13,3	0,5	20	1,3	0,2	0,5	0,8	0,5
<i>Persea major</i> (Meisn.) L.E.Kopp	12,0	13,3	0,5	10	0,6	0,3	0,9	0,7	0,7
<i>Eugenia neoverrucosa</i> Sobral	11,0	13,3	0,5	20	1,3	0,1	0,2	0,7	0,4
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	14,0	6,7	0,3	10	0,6	0,3	0,8	0,6	0,5
<i>Pinus elliotti</i>	9,3	13,3	0,5	10	0,6	0,2	0,5	0,5	0,5
<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	14,0	6,7	0,3	10	0,6	0,2	0,5	0,5	0,4
<i>Atelasia glazioviana</i> Bail.	14,0	6,7	0,3	10	0,6	0,2	0,5	0,5	0,4
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	14,0	6,7	0,3	10	0,6	0,2	0,4	0,4	0,3
<i>Banara parviflora</i> (A.Gray) Berth.	12,0	6,7	0,3	10	0,6	0,1	0,4	0,4	0,3
<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	11,0	6,7	0,3	10	0,6	0,1	0,3	0,4	0,3
<i>Solanum sanctae-catharinae</i> Dunal	10,0	6,7	0,3	10	0,6	0,1	0,2	0,4	0,2
<i>Maytenus gonoclada</i> Mait.	8,0	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Geonoma schottiana</i> Mait.	5,0	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	5,0	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	7,5	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	10,0	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	8,0	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	9,0	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Allophylus petiolulatus</i> Radlk.	8,5	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Myrsine laetevirens</i> (Mez) Arechav.	8,0	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	7,0	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	7,0	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Eugenia uniflora</i> L.	8,0	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Tibouchina sellowiana</i> Cogn.	4,5	6,7	0,3	10	0,6	0,0	0,0	0,3	0,1
<b>TOTAL</b>	—	<b>2546,9</b>	<b>100</b>	<b>1570</b>	<b>100</b>	<b>35,12</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Oliva (2015)

Sendo: **H média**: Altura média; **DA** = densidade absoluta; **DR** = densidade relativa; **FA** = Frequência absoluta; **FR** = Frequência relativa; **DoA** = Dominância absoluta; **DoR** = Dominância relativa; **VI** = Valor de Importância; **VC** = Valor de Cobertura.

#### 4.1.2.2 Parâmetros fitossociológicos para às espécies da Floresta Secundária 2

Após 35 anos da revegetação com bracatingas, amostraram-se 477 indivíduos por hectare, sendo determinadas, apenas quatro espécies com os maiores valores dos parâmetros analisados. Destacaram-se as espécies *Baccharis oreophila*, *Myrcia splendens*, *Cyathea phalerata* e *Clethra scabra*, correspondendo a 48,4 % do total dos indivíduos identificados. Destas, *Baccharis oreophila* foi à única espécie que obteve os maiores valores encontrados para todos os parâmetros fitossociológicos analisados. Esse resultado justifica-se pelo fato da floresta apresentar-se em estágio inicial de sucessão e em processo de recuperação.

*Baccharis spp.* são plantas arbóreas de porte médio e pioneiras que apresentam produção alta de biomassa (REIS; ZAMBONIN; NAKAZONA, 1999) melhorando inicialmente as condições do solo para a estabilidade de espécies arbóreas definitivas (IMAGUIRE, 1980).

A composição de espécies e suas interações em uma floresta resultam em um processo lento e gradual ao longo do tempo denominado de sucessão ecológica. Nesse processo ocorre aumento gradual e substituição de espécies de grupos ecológicos ou categoria sucessional ( pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias ou clímax), estabelecendo-se em diferentes e melhores condições ambientais que se adaptem (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

As espécies que apresentaram os maiores valores de DA e DR foram *Baccharis oreophila* (640,0 indivíduos/ha / 20,1%); *Myrcia splendens* (420,0 indivíduos/ha / 13,2%); *Cyathea phalerata* (253,3 indivíduos/ha / 8,0%); *Clethra scabra* (226,7 indivíduos/ha / 7,1%); *Myrsine umbellata* (126,7 indivíduos/ha / 4,0%) e *Myrsine ferruginea* (113,3 indivíduos/ha / 3,6%).

Os maiores valores de importância e de cobertura foram determinados para as espécies *Baccharis oreophila* (17,0%), *Myrcia splendens* (8,8%), *Cyathea phalerata* (7,4%) e *Clethra scabra* (6,4%).

Em relação à altura, destacaram-se as espécies *Ilex brevicuspis*, *Piptocarpha angustifolia* e *Mimosa scabrella* com alturas médias de 15,0; 11,9 e 11,0 m, respectivamente (TABELA 6).

TABELA 6 - PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS AMOSTRADOS PARA AS ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA SECUNDÁRIA 2 (CAP  $\geq$  15 cm)

(continua)

ESPÉCIES	H média	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VC
	(m)	(ind/ha)	(%)	(%)	(%)	(m <sup>2</sup> /ha)	(%)	(%)	(%)
<i>Baccharis oreophila</i> Malme	8,4	640,0	20,1	100	6,4	6,2	24,4	17,0	22,3
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	7,2	420,0	13,2	100	6,4	1,7	6,8	8,8	10,0
Morta	5,4	306,7	9,6	100	6,4	2,4	9,4	8,5	9,5
<i>Cyathea phalerata</i> Mart.	3,9	253,3	8,0	90	5,7	2,2	8,5	7,4	8,2
<i>Clethra scabra</i> Pers.	8,4	226,7	7,1	80	5,1	1,8	7,0	6,4	7,1
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	8,6	126,7	4,0	60	3,8	1,4	5,5	4,4	4,8
<i>Tibouchina sellowiana</i> Cogn.	7,6	146,7	4,6	70	4,5	0,8	3,1	4,1	3,9
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	11,0	60,0	1,9	70	4,5	1,3	5,2	3,9	3,6
<i>Myrsine coriaceae</i> (SW.) R Br. Ex. (Roem & Schult.	7,7	113,3	3,6	70	4,5	0,7	2,6	3,5	3,1
<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	11,9	60,0	1,9	60	3,8	1,0	3,8	3,2	2,8
<i>Symplocos pentandra</i> (Mattos) Occhioni ex Aranha	8,5	66,7	2,1	50	3,2	1,0	4,0	3,1	3,0
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	6,5	86,7	2,7	70	4,5	0,5	1,9	3,0	2,3
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	5,6	86,7	2,7	70	4,5	0,2	0,9	2,7	1,8
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H. Rob.	8,1	73,3	2,3	60	3,8	0,5	1,8	2,7	2,1
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	7,4	66,7	2,1	50	3,2	0,3	1,3	2,2	1,7
<i>Pinus elliottii</i>	9,9	53,3	1,7	40	2,5	0,6	2,3	2,2	2,0
<i>Maytenus gonoclada</i> Mart.	8,4	46,7	1,5	30	1,9	0,3	1,1	1,5	1,3
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	8,6	26,7	0,8	30	1,9	0,2	0,9	1,2	0,9
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	6,2	40,0	1,3	30	1,9	0,1	0,4	1,2	0,8



ESPÉCIES	(conclusão)								
	H média (m)	DA (ind/ha)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m²/ha)	DoR (%)	VI (%)	VC (%)
<i>Geonoma schottiana</i> Mart.	3,2	26,7	0,8	30	1,9	0,2	0,7	1,1	0,8
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	6,0	26,7	0,8	30	1,9	0,1	0,3	1,0	0,6
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	9,3	20,0	0,6	30	1,9	0,1	0,5	1,0	0,6
<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand	9,2	20,0	0,6	20	1,3	0,3	1,1	1,0	0,9
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	8,3	20,0	0,6	20	1,3	0,3	1,1	1,0	0,8
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	6,5	20,0	0,6	30	1,9	0,1	0,3	0,9	0,5
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	15,0	6,7	0,2	10	0,6	0,4	1,4	0,8	0,8
<i>Ilex microdonta</i> Reissek	9,5	13,3	0,4	10	0,6	0,3	1,1	0,7	0,8
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	5,3	13,3	0,4	20	1,3	0,1	0,4	0,7	0,4
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	6,5	13,3	0,4	20	1,3	0,0	0,1	0,6	0,3
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	5,0	13,3	0,4	10	0,6	0,1	0,3	0,4	0,3
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	7,5	13,3	0,4	10	0,6	0,1	0,2	0,4	0,3
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	6,8	13,3	0,4	10	0,6	0,0	0,1	0,4	0,3
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	8,5	6,7	0,2	10	0,6	0,1	0,3	0,4	0,3
<i>Cordyline spectabilis</i> Kunth & Bouché	2,5	6,7	0,2	10	0,6	0,1	0,2	0,4	0,2
<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	8,5	6,7	0,2	10	0,6	0,0	0,2	0,3	0,2
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	7,0	6,7	0,2	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	8,0	6,7	0,2	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	6,0	6,7	0,2	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Kosterm.	8,0	6,7	0,2	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,1
<i>Myrcia</i> sp.	7,5	6,7	0,2	10	0,6	0,0	0,1	0,3	0,1
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	4,5	6,7	0,2	10	0,6	0,0	0,0	0,3	0,1
<b>TOTAL</b>	—	<b>3180,4</b>	<b>100</b>	<b>1570</b>	<b>100</b>	<b>25,56</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Oliva (2015)

Sendo: **H média**: Altura média; **DA** = densidade absoluta; **DR** = densidade relativa; **FA** = Frequência absoluta; **FR** = Frequência relativa; **DoA** = Dominância absoluta; **DoR** = Dominância relativa; **VI** = Valor de Importância; **VC** = Valor de Cobertura

#### 4.1.2.3 Parâmetros fitossociológicos referentes às famílias da Floresta Secundária 1

As famílias Anacardiaceae, Clethraceae e Sapindaceae destacaram-se pelo maior número de indivíduos amostrados na FS1; juntamente, essas famílias correspondem a 34,8% do total de indivíduos. Essas famílias, com exceção do parâmetro frequência, obtiveram os maiores valores fitossociológicos entre as 27 famílias amostradas nesse ambiente (TABELA 7).

Em levantamentos fitossociológicos realizados na FOM, Negrini et al. (2012), em Lages – SC, encontraram 87 espécies e 36 famílias, com maior representatividade da família Myrtaceae. Em áreas em processo de recuperação, localizadas entre os municípios de Campo Mourão e Luiziana, Vigilato e Zampar (2011) determinaram 263 indivíduos, pertencentes a 41 espécies e 26 famílias, tendo como as principais famílias Fabaceae, Myrtaceae e Bignoniaceae. E, na FOMM, Sawczuk et al. (2012) constataram, em pesquisa realizada em 2008 na cidade de Irati –PR, 14178 indivíduos, 116 espécies e 44 famílias, sendo as famílias em destaque: Asteraceae, Clethraceae, Myrtaceae, Araucariaceae, Aquifoliaceae, Fabaceae, Lauraceae, Myrsinaceae, Myrtaceae e Rubiaceae. Silva et al., (2012) identificaram 87 espécies arbóreas, pertencentes a 58 gêneros e a 36 famílias botânicas, com as famílias com maior número de espécies foram Myrtaceae, Asteraceae, Lauraceae e Salicaceae.

As famílias identificadas na FS1 com maior valor de importância e cobertura, respectivamente, foram Anacardiaceae (11,8% / 14,2%), Clethraceae (11,6% / 14,3%), Sapindaceae (9,2% / 10,7%), Fabaceae (6,7% / 6,9%), Myrtaceae (5,9% / 4,9%), Asteraceae (5,1% / 6,1%), Lauraceae (4,8% / 5,3%), correspondendo juntas a 55,1% do valor de importância e 62,4% do valor de cobertura desse ambiente (TABELA 7).

TABELA 7 - PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS AMOSTRADOS PARA AS FAMÍLIAS DA FLORESTA SECUNDÁRIA 1

FAMÍLIAS	Nº Ind.	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VC
		(ind/ha)	(%)	(%)	(%)	(m²/ha)	(%)	(%)	(%)
Anacardiaceae	44	293,3	11,5	90	7,0	5,94	16,9	11,8	14,2
Clethraceae	47	313,3	12,3	80	6,3	5,69	16,2	11,6	14,3
Sapindaceae	42	280,0	11,0	80	6,3	3,62	10,3	9,2	10,7
Fabaceae	28	186,7	7,3	80	6,3	2,25	6,4	6,7	6,9
Morta	20	133,3	5,2	90	7,0	2,31	6,6	6,3	5,9
Myrtaceae	24	160,0	6,3	100	7,8	1,26	3,6	5,9	4,9
Asteraceae	23	153,3	6,0	40	3,1	2,20	6,3	5,1	6,1
Lauraceae	13	86,7	3,4	50	3,9	2,52	7,2	4,8	5,3
Laxmanniaceae	25	166,7	6,5	60	4,7	0,70	2,0	4,4	4,3
Primulaceae	12	80,0	3,1	80	6,3	0,71	2,0	3,8	2,6
Salicaceae	13	86,7	3,4	80	6,3	0,59	1,7	3,8	2,5
Rutaceae	15	100	3,9	30	2,3	1,41	4,0	3,4	4,0
Melastomataceae	15	100	3,9	60	4,7	0,33	0,9	3,2	2,4
Cyatheaceae	13	86,7	3,4	50	3,9	0,78	2,2	3,2	2,8
Rubiaceae	10	66,7	2,6	50	3,9	0,43	1,2	2,6	1,9
Symplocaceae	6	40,0	1,6	30	2,3	0,80	2,3	2,1	1,9
Cunoniaceae	6	40,0	1,6	30	2,3	0,74	2,1	2,0	1,8
Solanaceae	4	26,7	1,0	30	2,3	0,65	1,9	1,7	1,5
Arecaceae	4	26,7	1,0	40	3,1	0,32	0,9	1,7	1,0
Rosaceae	3	20,0	0,8	20	1,6	0,74	2,1	1,5	1,4
Euphorbiaceae	4	26,7	1,0	30	2,3	0,31	0,9	1,4	1,0
Lamiaceae	3	20,0	0,8	20	1,6	0,46	1,3	1,2	1,0
Sapotaceae	3	20,0	0,8	20	1,6	0,10	0,3	0,9	0,5
Pinaceae	2	13,3	0,5	10	0,8	0,16	0,5	0,6	0,5
Celastraceae	1	6,7	0,3	10	0,8	0,04	0,1	0,4	0,2
Meliaceae	1	6,7	0,3	10	0,8	0,02	0,1	0,4	0,2
Rhamnaceae	1	6,7	0,3	10	0,8	0,02	0,1	0,4	0,2
<b>TOTAL</b>	<b>382</b>	<b>2546,9</b>	<b>100</b>	<b>1280</b>	<b>100</b>	<b>35,1</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Oliva (2015)

Sendo: **H média**: Altura média; **DA** = densidade absoluta; **DR** = densidade relativa; **FA** = Frequência absoluta; **FR** = Frequência relativa; **DoA** = Dominância absoluta; **DoR** = Dominância relativa; **VI** = Valor de Importância; **VC** = Valor de Cobertura

## 4.1.2.4 Parâmetros fitossociológicos referentes às famílias da Floresta Secundária 2

Asteraceae e Myrtaceae foram às famílias mais representativas classificadas para a FS2, correspondendo juntas a 40% dos indivíduos amostrados nesse ambiente. As principais famílias amostradas com maior valor de importância e cobertura nessa área, respectivamente, foram Asteraceae (21,9% / 28,9%), Myrtaceae (10,0% / 10,9%), Primulaceae (7,9% / 7,8%), Cyatheaceae (7,9% / 8,2%), Clethraceae (6,9% / 7,1%) e Melastomataceae (5,3% / 4,7%). Juntamente, essas famílias apresentam 59,9% do valor de importância e 67,7% do valor de cobertura desse ambiente (TABELA 8).

TABELA 8 - PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS AMOSTRADOS PARA AS FAMÍLIAS DA FLORESTA SECUNDÁRIA 2

FAMÍLIAS	Nº Ind.	DA (ind/ha)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m²/ha)	DoR (%)	VI (%)	VC (%)
Asteraceae	126	840,0	26,4	100	8,1	8,02	31,4	21,9	28,9
Myrtaceae	65	433,3	13,6	100	8,1	2,11	8,3	10,0	10,9
Morta	46	306,7	9,6	100	8,1	2,41	9,4	9,0	9,5
Primulaceae	36	240,0	7,5	100	8,1	2,08	8,1	7,9	7,8
Cyatheaceae	38	253,3	8,0	90	7,3	2,17	8,5	7,9	8,2
Clethraceae	34	226,7	7,1	80	6,5	1,79	7,0	6,9	7,1
Melastomataceae	28	186,7	5,9	80	6,5	0,9	3,5	5,3	4,7
Symplocaceae	13	86,7	2,7	70	5,6	1,31	5,1	4,5	3,9
Fabaceae	11	73,3	2,3	70	5,6	1,41	5,5	4,5	3,9
Salicaceae	18	120,0	3,8	70	5,6	0,34	1,3	3,6	2,6
Anacardiaceae	13	86,7	2,7	70	5,6	0,49	1,9	3,4	2,3
Lauraceae	11	73,3	2,3	50	4,0	0,47	1,8	2,7	2,1
Pinaceae	8	53,3	1,7	40	3,2	0,58	2,3	2,4	2,0
Arecaceae	6	40,0	1,3	50	4,0	0,27	1,1	2,1	1,2
Celastraceae	7	46,7	1,5	30	2,4	0,29	1,1	1,7	1,3
Aquifoliaceae	3	20,0	0,6	20	1,6	0,37	1,4	1,2	1,0
Annonaceae	3	20,0	0,6	30	2,4	0,07	0,3	1,1	0,5
Lamiaceae	3	20,0	0,6	20	1,6	0,27	1,1	1,1	0,8
Euphorbiaceae	2	13,3	0,4	20	1,6	0,03	0,1	0,7	0,3
Solanaceae	2	13,3	0,4	10	0,8	0,06	0,2	0,5	0,3
Asparagaceae	1	6,7	0,2	10	0,8	0,06	0,2	0,4	0,2
Rutaceae	1	6,7	0,2	10	0,8	0,03	0,1	0,4	0,2
Rubiaceae	1	6,7	0,2	10	0,8	0,03	0,1	0,4	0,2
Araucariaceae	1	6,7	0,2	10	0,8	0,01	0,0	0,4	0,1
<b>TOTAL</b>	<b>477</b>	<b>3180,1</b>	<b>100</b>	<b>1240</b>	<b>100</b>	<b>25,57</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Oliva (2015)

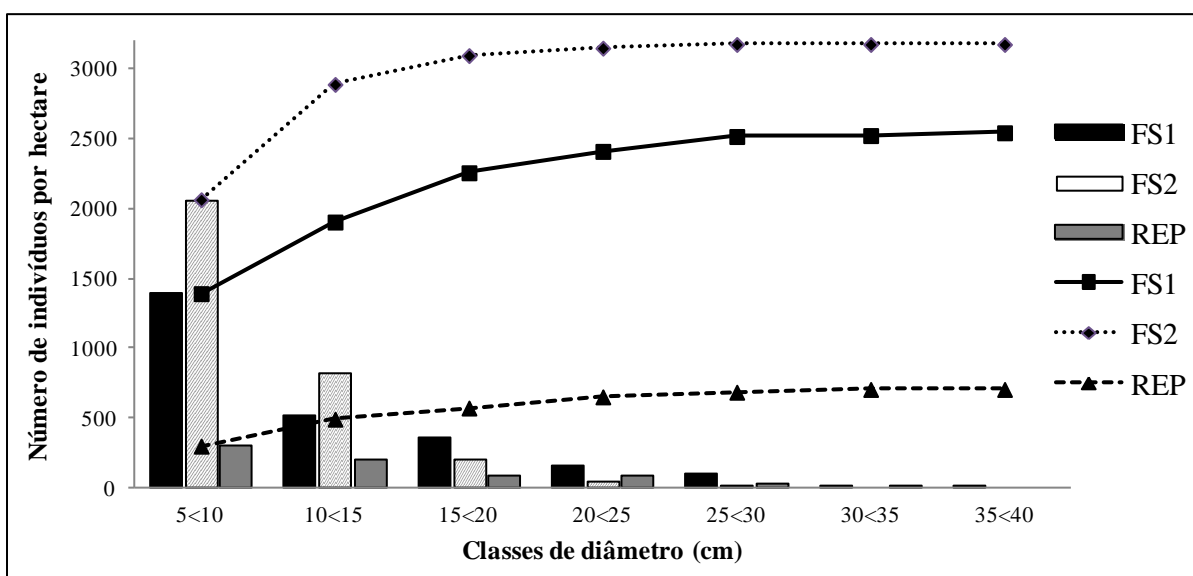
Sendo: **H média**: Altura média; **DA** = densidade absoluta; **DR** = densidade relativa; **FA** = Frequência absoluta; **FR** = Frequência relativa; **DoA** = Dominância absoluta; **DoR** = Dominância relativa; **VI** = Valor de Importância; **VC** = Valor de Cobertura

#### 4.2 COMPARAÇÃO DA ESTRUTURA DAS FLORESTAS SECUNDÁRIAS

Considerando que as áreas de estudos estão localizadas em um ecótono, as espécies e famílias encontradas nesse estudo configuram um padrão florístico para Floresta Ombrófila Mista. Ao comparar as florestas, verificam-se 28 espécies identificadas comuns a ambas as áreas de estudo; 28 espécies são verificadas apenas na FS1 e 12 espécies na FS2. A presença do maior número de espécies na FS1 seja pelo fato da floresta encontrar-se em estágio avançado de sucessão da FOM, com espécies definidas como secundárias estabelecidas formando um sub-bosque e na FS2 espécies pioneiras na formação do dossel com indivíduos jovens em regeneração.

A tendência da distribuição diamétrica considerando todos os indivíduos amostrados nas áreas de estudo pode ser observado na Figura 8.

FIGURA 8 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E ACUMULADA DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA (CM) DOS INDIVÍDUOS ENCONTRADOS NAS ÁREAS DE ESTUDO



Fonte: Oliva (2015)

É possível observar a forma do “J-invertido” dos histogramas, como é esperado em florestas heterogêneas. A distribuição diamétrica na FS2 acumula maior número de indivíduos nas classes de diâmetros menores em relação a FS1,

onde a FS2 apresenta um maior número de representantes nas classes de diâmetro maiores e menos indivíduos nas classes de diâmetro menores. Os resultados indicam que quanto maior a acumulação e frequência de indivíduos nas classes de diâmetros menores que a vegetação encontra-se em fase inicial de estabelecimento.

Para FS1 a área basal foi de 35,12 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> com uma densidade média de 2546,9 indivíduos arbóreos e arborescentes por hectare. A FS2 apresentou uma menor área basal, de 25,6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, e uma alta densidade de 3180,4 indivíduos (TABELA 9). Esses resultados indicam uma cobertura vegetal bastante expressiva após as intervenções antrópicas que ocorreram a 65 anos na FS1 e 35 anos na FS2.

A menor densidade foi verificada na FS1 em comparação com a FS2 indicando, provavelmente, que o ambiente encontra-se estratificado verticalmente com árvores de maior porte competindo com as árvores menores e dificultando o desenvolvimento desses indivíduos.

Os indivíduos classificados como mortos apresentaram alto Valor de Importância de 5,8 e 9,5%, respectivamente, para FS1 e FS2. Altos valores para classe de indivíduos mortos também foram constatados em FOM (NASCIMENTO; LONGHI; BRENA, 2001) e em Floresta Ombrófila Mista Montana - FOMM (VALERIO et al., 2008). Observando os valores de cobertura para a classe de indivíduos mortos, verifica-se que na FS2 a mortalidade (9,5%) foi superior a FS1 (5,9%). Isso indica, na FS1, uma diminuição do processo de sucessão secundária caracterizado pela substituição das espécies pioneiras exigentes em luz por espécies secundárias tolerantes à sombra.

A altura média estimada do dossel foi de 9,3 e 7,5 m para FS1 e FS2, respectivamente (TABELA 9).

TABELA 9 – ALTURA, DENSIDADE E DOMINÂNCIA TOTAL DETERMINADAS NA FLORESTA SECUNDÁRIA 1 E 2

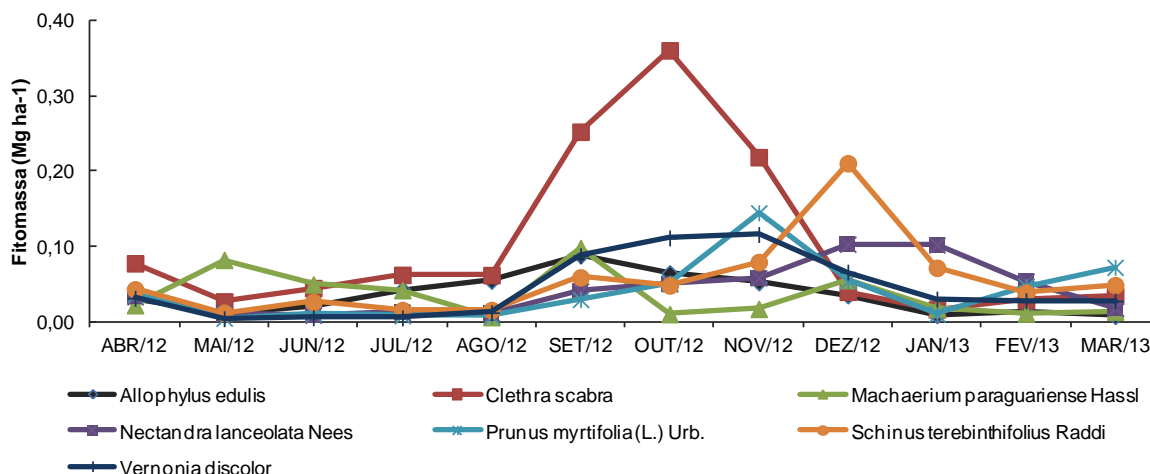
TRATAMENTO	ALTURA MÉDIA (m)	DENSIDADE TOTAL (ind/ha)	DOMINÂNCIA TOTAL (m <sup>2</sup> ha)
FS1	9,3	2546,9	35,1
FS2	7,5	3180,4	25,6

Fonte: Oliva (2015)

#### 4.3 SERAPILHEIRA DEPOSITADA

As espécies que mais contribuíram para o aporte de fitomassa na FS1 foram: *Clethra scabra*, *Schinus terebinthifolius*, *Vernonia discolor*, *Nectandra lanceolata*, *Prunus myrtifolia*, *Allophylus edulis* e *Machaerium paraguariense*. Os maiores valores de deposição foram observados entre setembro a dezembro (FIGURA 9). Obteve-se fitomassa total de  $6,03 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (ANEXO 1).

FIGURA 9 – DEPOSIÇÃO MENSAL DA FITOMASSA (FRAÇÃO FOLHAS) PELAS PRINCIPAIS ESPÉCIES AMOSTRADAS NA FS1

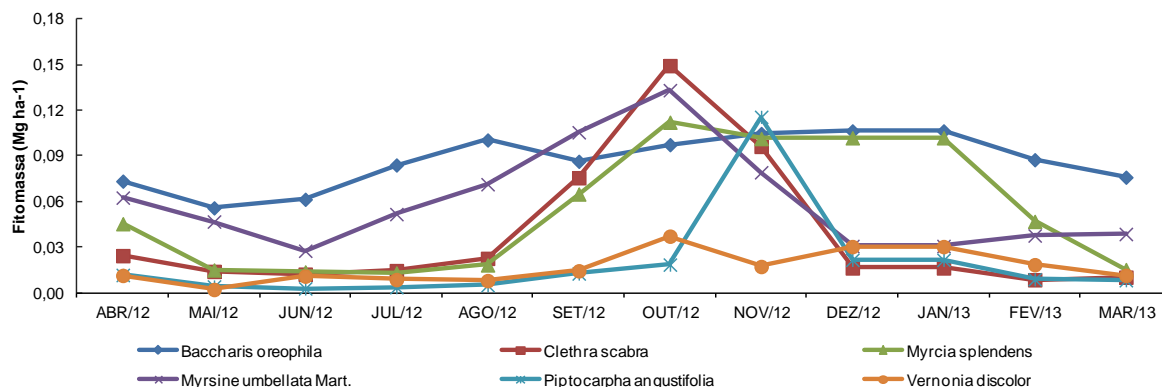


Fonte: Oliva (2015)

A serapilheira depositada na FS2 também apresentou comportamento semelhante às espécies na FS1, com maiores deposições constatadas entre setembro a dezembro. A espécie *Baccharis oreophila* se destacou com maior deposição de fitomassa ao longo do ano, com exceção dos meses de setembro a novembro, onde outras espécies nesse período apresentaram superioridade de deposição.

As principais espécies que contribuíram mensalmente com o aporte de fitomassa nessa floresta foram: *Baccharis oreophila*, *Myrsine umbellata*, *Myrcia splendens*, *Clethra scabra* e *Piptocarpha angustifolia* (FIGURA 10). O aporte de fitomassa total foi de  $4,02 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (ANEXO 2).

FIGURA 10 – DEPOSIÇÃO MENSAL DA FITOMASSA (FRAÇÃO FOLHAS) PELAS PRINCIPAIS ESPÉCIES AMOSTRADAS NA FS2



Fonte: Oliva (2015)

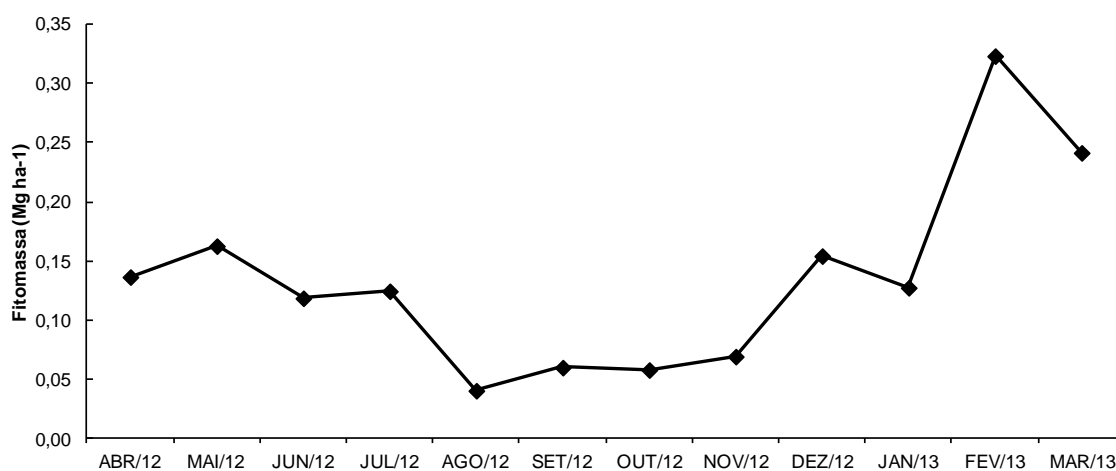
Os valores obtidos de fitomassa (fração folhas) na presente pesquisa são inferiores, semelhantes e superiores aos valores encontrados em outras pesquisas (LONGHI et al., 2011; DICKOW et al., 2012; FREIRE; SCORIZA; PIÑA-RODRIGUES, 2014; BIANCHIN, 2013; ANTONELI; FRANCISQUINI, 2014). Essa variação de valores pode estar associada às características fisiológicas das espécies pioneiras de maior ocorrência nas áreas de estudo que apresentam períodos e ciclos de vida menores que as espécies clímax (MENEZES et al., 2010; GODINHO et al., 2013a).

Em Floresta Ombrófila Mista, Longhi et al. (2011) obtiveram  $3,84 \text{ Mg ha}^{-1}$  de fitomassa (fração folhas) depositada em floresta secundária de encosta;  $1,80 \text{ Mg ha}^{-1}$  na FOM típica e  $4,29 \text{ Mg ha}^{-1}$  em floresta de locais úmidos. Em formações secundárias de Floresta Ombrófila Densa Submontana em Antonina – PR, Dickow et al. (2012) constataram fitomassa de  $3,98 \text{ Mg ha}^{-1}$  na fase Inicial;  $4,04 \text{ Mg ha}^{-1}$  na fase Média e  $3,61 \text{ Mg ha}^{-1}$  na fase Avançada e Bianchin (2013) obteve de  $5,68 \text{ Mg ha}^{-1}$  em floresta menos desenvolvida (FS-1);  $4,75 \text{ Mg ha}^{-1}$  em floresta intermediária (FS-2) e  $5,33 \text{ Mg ha}^{-1}$  em floresta mais desenvolvida (FS-3). Em Floresta Ombrófila Densa Montana situada no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, no município de Teresópolis no RJ, Freire, Scoriza e Piña-Rodrigues (2014) encontraram valor médio de  $3,41 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Em FOM em Irati, Antoneli e Francisquini (2014) encontraram fitomassa de  $4,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ .



Comportamento distinto foi constatado para o tratamento REP, onde a maior deposição de fitomassa (acículas) ocorreu nos meses de dezembro a maio, com os maiores picos em fevereiro e março (FIGURA 11). Nesse sentido Turchetto et al., (2014) reúne informações que justificam essa variação, como sendo oriunda do estágio sucessional, grau de alteração da área e tipo vegetacional.

FIGURA 11 – DEPOSIÇÃO MENSAL DA FITOMASSA (FRAÇÃO ACÍCULAS) NO POVOAMENTO DE REGENERAÇÃO ESPONTÂNEA DE *Pinus spp.*



Fonte: Oliva (2015)

A deposição de serapilheira para esse povoamento de *Pinus spp.* foi de 1,6 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (ANEXO 3). Esse resultado é inferior aos obtidos em outras pesquisas em povoamentos com o gênero pinus (POGGIANI, 1987; KOEHLER, 1989; VIERA, 2006; VIERA; SCHUMACHER, 2010; PIOVESAN et al., 2012). O valor baixo de serapilheira depositada obtido nesse estudo deve-se pelo fato do povoamento espontâneo encontra-se em ambiente altamente degradado e com baixa densidade de indivíduos na área.

O valor de fitomassa depositada em povoamentos implantados de *Pinus taeda* e *Pinus elliotti* foi 4,0 Mg ha<sup>-1</sup> (VIERA, 2006); 4,4 Mg ha<sup>-1</sup> (POGGIANI, 1987); 8,7 Mg ha<sup>-1</sup> no sítio bom, 8,4 Mg ha<sup>-1</sup> no sítio médio e 6,5 Mg ha<sup>-1</sup> no sítio ruim (KOEHLER, 1989); 2,55 Mg ha<sup>-1</sup> (VIERA; SCHUMACHER, 2010); 6,7 Mg ha<sup>-1</sup> (PIOVESAN et al., 2012).

#### 4.4 SERAPILHEIRA ACUMULADA

##### 4.4.1 Caracterização descritiva e fitomassa dos horizontes orgânicos acumulados

Os horizontes orgânicos encontrados nos tratamentos analisados foram L, F e H e seus subhorizontes (TABELA 10).

TABELA 10 - FITOMASSA (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM  $t_{0,05}$  E FREQUÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE O SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus spp.*

TRATAMENTO	FS1	FS2	REP
HO	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
Ln	168,0 ±0,18 (16) <b>a</b>	91,2 ±0,16 (19) <b>c</b>	152,0±0,43 (20) <b>b</b>
Ln/Lv	355,2 ±0,15(2)		
Ln/Lv1	260,8 (1)		
Ln/Lv2	206,4 (1)		
Lv	614,4 ±1,05 (17) <b>a</b>	400 ±0,37 (19) <b>b</b>	345,6 ±1,60 (20) <b>c</b>
Lv2	963,2 ±2,70(3)		
Lv/Fr		3920,0±13,40(2)	
Fr	3616,0 ±5,27 (20) <b>a</b>	2016,0 ±1,88 (18) <b>b</b>	587,2 ±0,34 (20) <b>c</b>
H	224,0 ±0,53 (11) <b>a</b>	208,0 ±0,36 (18) <b>b</b>	
<b>FITOMASSA TOTAL</b>	<b>6408,0</b>	<b>6635,2</b>	<b>1084,8</b>

Para cada horizonte orgânico, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem pelo teste t ao nível de  $p<0,05$ .

Fonte: Oliva (2015)

A serapilheira acumulada sob o tratamento FS1 apresentou maior diferenciação dos horizontes orgânicos com maior número de subhorizontes do horizonte L. A pouca diferenciação dos horizontes orgânicos na FS2 possa ser em virtude de baixa densidade de árvores com classes de diâmetros maiores e de suas copas nesse tratamento (LIEBSCH, 2006).

A serapilheira acumulada total, determinada pela soma da fitomassa dos horizontes orgânicos foi de 6408,0 kg ha<sup>-1</sup> para a FS1, 6635,20 kg ha<sup>-1</sup> para a FS2 e de 1084,80 kg ha<sup>-1</sup> para a REP (TABELA 10). Como se observa, o acúmulo de fitomassa nas florestas secundárias é praticamente semelhante, apesar do desmatamento e remoção dos horizontes minerais superficiais (A e B), fica evidenciada uma satisfatória regeneração e contribuição de serapilheira na FS2.

Portanto, o resultado verificado é semelhante, quando comparado com outras áreas que não apresentaram drástica ação antrópica na FOM e FOMM (BACKES; FERNANDES; ZENI, 2000; CALDEIRA et al., 2007; Watzlawick et al., 2012) e superior (FLOSS; CALDATO; BOHNER, 1999). Os respectivos autores encontraram fitomassa média de 14.296,00 kg ha<sup>-1</sup> em São Francisco de Paula – RS; 7.990,00 kg ha<sup>-1</sup> em General Carneiro – PR; valores entre 2.690,00 a 15.050,00 kg ha<sup>-1</sup> em General Carneiro – PR e valores de 970 kg ha<sup>-1</sup> em Caçador – SC.

Em outras formações florestais os valores de fitomassa da serapilheira acumulada são bem variáveis: na fase sucessional Inicial da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas o valor foi de 19,53 Mg ha<sup>-1</sup> (ROCHA, 2006); Em Antonina - PR na Floresta Ombrófila Densa de 2,37 Mg ha<sup>-1</sup> (CORREA, 2007) e 1,49 Mg ha<sup>-1</sup> (DICKOW, 2010); na Floresta Ombrófila Densa Submontana em Blumenau –SC, valor médio no mês de Agosto de 4,58 Mg ha<sup>-1</sup> na fase sucessional I; 6,12 Mg ha<sup>-1</sup> na fase sucessional II e 6,61 Mg ha<sup>-1</sup> na fase sucessional III (CALDEIRA et al., 2008); em sistemas de restauração florestal em Alegre-ES valor médio de 5,61 Mg ha<sup>-1</sup> (SPERANDIO et al., 2012), e em Floresta Estacional Semidecidual Submontana em Cachoeiro de Itapemirim – ES valor médio de 5,5 Mg ha<sup>-1</sup> (GODINHO et al., 2013b). A comparação dos quantitativos nas diferentes pesquisas acima citada é dificultada, tendo em vista as diferentes fisionomias e localização das áreas investigadas, idade da floresta, época de coleta entre outras.

#### 4.4.1.1 Fitomassa dos horizontes orgânicos Ln, Lv e Fr

Com o objetivo de comparar os resultados para a fitomassa acumulada no solo sob a FS1, FS2 e REP selecionaram-se os horizontes orgânicos comuns aos tratamentos, Ln, Lv e Fr.

A serapilheira acumulada, representada pelos horizontes orgânicos, Ln, Lv e Fr, foi superior em FS1 (TABELA 10). Obtve-se valores de 4398,4, 2507,2 e 1084,8 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para os tratamentos FS1, FS2 e REP.

Segundo Fortes, Dal'col Lúcio e Storck (2008) na estação inverno a deposição de serapilheira acumulada no solo torna-se maior que a decomposição,

ocasionando uma maior quantidade de material encontrado. A maior acumulação dos horizontes orgânicos encontrados no piso florestal da FS1 pode estar condicionada a fatores pertinentes às espécies presentes, taxa de decomposição entre outros (CALDEIRA et al., 2008).

Para o povoamento de Regeneração Espontânea de *Pinus spp.* (REP) encontraram-se valores dos horizontes orgânicos de 152,0; 345,6 e 587,2 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para Ln, Lv e Fr.

Estudos referentes a povoamentos espontâneos de *Pinus* não foram encontrados na literatura e, portanto, o resultado da fitomassa da serapilheira acumulada, obtido na presente pesquisa, será balisada com resultados obtidos em povoamentos implantados com o gênero *pinus*. O valor obtido da fitomassa acumulada, encontrada no povoamento nesse estudo, pode ser considerado inferior em relação às outras pesquisas realizadas (BALBINOT et al., 2003; KLEINPAUL et al., 2005). Os autores citados obtiveram, respectivamente, valores de 17.400,00 kg ha<sup>-1</sup> em plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade em Cambará –RS; 21.920,00 kg hha<sup>-1</sup> em povoamento de *Pinus elliottii* em Santa Maria-RS e, valores de 3840,0 e 4116,4 kg.ha<sup>-1</sup> em dois povoamento de *Pinus* em Rio Negro – PR. O resultado obtido da fitomassa acumulada sob a REP é inferior como pode ser observada em relação às demais pesquisas citadas anteriormente. Fato esse decorrente de baixa densidade populacional na área em estudo, bem como ambiente com horizonte C exposto e de baixa fertilidade natural.

#### 4.4.1.2 Composição química dos horizontes orgânicos

##### 4.4.1.2.1 Teores de macronutrientes

Para comparar os teores de C, N, P e relação C/N, foram selecionados os horizontes orgânicos comuns, Ln, Lv e Fr.

Para os horizontes Ln, Lv e Fr, os maiores teores de C foram constatados para a REP, diferindo estatisticamente, com exceção do teor de Fr na FS2, dos teores determinados para as Florestas Secundárias (TABELA 11). Fato este

justificado pela baixa degradabilidade das acículas e decomposição lenta acarretando em imobilização de carbono nesse material (PLATTE, 2002).

O teor de C determinado no subhorizonte Ln da serapilheira dos tratamentos da presente pesquisa é considerado inferior (GOMES, 2014). O referido autor encontrou teor de C de 458,0 g kg<sup>-1</sup> no subhorizonte Ln da serapilheira da Floresta Ombrófila Mista em estágio sucessional médio e no subhorizonte Ln da fitomassa de plantações de *Pinus taeda* teores de C de 471,0 g kg<sup>-1</sup> na primeira rotação; 477,0 na segunda rotação e 474,0 g kg<sup>-1</sup> na segunda rotação desbastada em Rio Negrinho – SC.

TABELA 11 – TEOR DE C (MÉDIA ± ERRO PADRÃO COM  $t_{0,05}$  E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE O SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus spp.*

TRATAMENTO	FS1	FS2	REP
HO	----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Ln	398,0 ± 13,0 (16) <b>b</b>	389,9 ± 16,9 (19) <b>b</b>	431,7 ± 11,9 (20) <b>a</b>
Ln/Lv	428,0 ± 6,20 (2)		
Ln/Lv1	439,4 (1)		
Ln/Lv2	406,2 (1)		
Lv	390,0 ± 7,75 (17) <b>c</b>	429,6 ± 8,35 (19) <b>b</b>	462,8 ± 5,95 (20) <b>a</b>
Lv2	391,1 ± 20,6 (3)		
Lv/Fr		464,0 ± 7,1 (2)	
Fr	332,7 ± 16,59 (20) <b>b</b>	433,5 ± 10,47 (18) <b>a</b>	435,9 ± 7,29 (20) <b>a</b>
H	205,7 ± 14,1 (11) <b>b</b>	419,8 ± 11,54 (18) <b>a</b>	

Para cada horizonte orgânico, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem pelo teste t ao nível de  $p < 0,05$ .

Fonte: Oliva (2015)

Ao contrário do C, os teores de N determinados nos horizontes orgânicos, Ln, Lv e Fr, foram superiores na FS1 diferindo estatisticamente da FS2 e REP (TABELA 12).

Para o tratamento REP obtiveram-se teores de N para Ln, Lv e Fr de 5,0; 4,87 e 5,85 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Teores esses considerados inferiores quando comparados com os teores determinados em povoamento de *Pinus taeda* (DEDECEK, 2008; GOMES, 2014). Os respectivos autores obtiveram teores do macronutriente de 16,04 a 18,76 g kg<sup>-1</sup> em povoamento de 22 anos de idade em Telêmaco Borba – PR e, valores de 9,3; 9,5 e 10,2 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, na fitomassa de pinus de primeira rotação, segunda rotação e segunda rotação com

desbaste em Rio Negrinho - PR. Em povoamentos de *Pinus taeda* em Ponta Grossa – PR Trevisan (1992) encontrou teores de N para subhorizonte Ln1 de 5,90 g kg<sup>-1</sup> no sítio de baixa produtividade; 5,20 g kg<sup>-1</sup> no sítio de média produtividade e teor de 4,80 g kg<sup>-1</sup> no sítio de alta produtividade. Para Ln2 os teores obtidos foram 8,0; 6,90 e 6,20 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente no sítio de baixa, média e alta produtividade. Teores de N para Lv de 10,7; 7,40 e 6,90 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente no sítio de baixa, média e alta produtividade. E teores de 14,80 g kg<sup>-1</sup> no sítio de baixa produtividade; 12,10 g kg<sup>-1</sup> no sítio de média produtividade e teor de 9,40 g kg<sup>-1</sup> no sítio de alta produtividade.

Ao comparar os resultados de N do tratamento REP com as pesquisas citadas acima, os baixos teores do nutriente são decorrentes da falta de N no horizonte C exposto pelas condições em que a área se encontra. Pesquisa recentemente realizada com adubação nitrogenada comprovam o melhor estado nutricional das acículas (dados não publicados).

TABELA 12 – TEOR DE N (MÉDIA ± ERRO PADRÃO COM  $t_{0,05}$  E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus spp.*

TRATAMENTO	FS1	FS2	REP
HO	----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Ln	18,0 ±1,18 (16) <b>a</b>	12,4 ±0,72 (19) <b>b</b>	5,0 ±0,33 (20) <b>c</b>
Ln/Lv	16,2 ±3,90 (2)		
Ln/Lv1	30,0 (1)		
Ln/Lv2	22,0 (1)		
Lv	18,4 ±1,12 (17) <b>a</b>	14,4 ±0,87 (19) <b>b</b>	4,9 ±0,29 (20) <b>c</b>
Lv2	18,3 ±0,88 (3)		
Lv/Fr		6,4 ±2,70 (2)	
Fr	15,8 ±0,80 (20) <b>a</b>	12,4 ±0,82 (18) <b>b</b>	5,8 ±0,30 (20) <b>c</b>
H	15,1 ±0,98 (11) <b>a</b>	12,5 ±1,04 (18) <b>b</b>	

Para cada horizonte orgânico, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem pelo teste t ao nível de  $p < 0,05$ .

Fonte: Oliva (2015)

Os valores referentes à relação C:N para os subhorizontes Ln, Lv e Fr para o tratamento REP diferiram estatisticamente dos valores obtidos para as Florestas Secundárias, bem como, diferença ( $p < 0,05$ ) encontrada para os valores entre as florestas (TABELA 13).

TABELA 13 – RELAÇÃO C:N (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM  $t_{0,05}$  E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus spp.*

TRATAMENTO	FS1	FS2	REP
HO	----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Ln	23,3 ±1,86 (16) <b>c</b>	34,6 ±3,40 (19) <b>b</b>	97,34 ±8,81 (20) <b>a</b>
Ln/Lv	28,1 ±7,16 (2)		
Ln/Lv1	14,6 (1)		
Ln/Lv2	18,5 (1)		
Lv	22,6 ±1,55 (17) <b>c</b>	32,9±3,15 (19) <b>b</b>	103,51 ±7,47 (20) <b>a</b>
Lv2	18,6 ±0,39 (3)		
Lv/Fr		86,97 ±35,2 (2)	
Fr	21,6 ±1,24 (20) <b>c</b>	38,2 ±0,75 (18) <b>b</b>	78,98 ±4,95 (20) <b>a</b>
H	13,7 ±0,39 (11) <b>b</b>	39,14 ±4,55 (18) <b>a</b>	

Para cada horizonte orgânico, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem pelo teste t ao nível de  $p<0,05$ .

Fonte: Oliva (2015)

As leguminosas podem contribuir com aproximadamente 12 toneladas de material orgânico seco e 190 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> contribuindo com a ciclagem em solos degradados (FRANCO; FARIA, 1997). Naturalmente essas espécies apresentam uma baixa relação C:N nos tecidos, assim, baixas relações no material depositado, por exemplo, entre 10 e 17, favorecem a liberação do N às plantas (LUCHESE; FAVERO; LENZI, 2001). Esta expectativa não se confirmou nos dados presentes, oriundos da área inicialmente colonizada por bracatinga, atualmente colonizada por uma comunidade bastante diversa de plantas (TABELA 4) onde se verificam altas relações C:N (TABELA 13). As mais altas relações C:N foram observadas na área povoada por pinus, principalmente pelo seu baixo teor de N em virtude do solo pobre em MOS, com quantidades baixas do nutriente nas folhas e consequentemente na serapilheira.

Os teores de P nos horizontes orgânicos seguiram a sequência FS1>FS2>REP (TABELA 14).

Para o tratamento FS1, obtiveram-se teores de 1,70 g kg<sup>-1</sup> para Ln; 1,65 g kg<sup>-1</sup> para Lv e 1,80 g kg<sup>-1</sup> para Fr. Para o tratamento REP foram observados os menores teores de P de 0,16; 0,34 e 0,36 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente para Ln, Lv e Fr. Valores considerados inferiores aos teores encontrados em horizontes orgânicos em sítios de baixa, média e alta produtividade de *Pinus taeda* (TREVISAN, 1992).

TABELA 14 – TEORES DE P (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM  $t_{0,05}$  E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus spp.*

TRATAMENTO	FS1	FS2	REP
HO	----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Ln	1,7 ±0,22 (16) <b>a</b>	0,34 ±0,07 (19) <b>b</b>	0,16±0,05 (20) <b>c</b>
Ln/Lv	0,97 ±0,08 (2)		
Ln/Lv1	1,0 (1)		
Ln/Lv2	1,20 (1)		
Lv	1,65 ±0,17 (17) <b>a</b>	0,73 ±0,06 (19) <b>b</b>	0,34 ±0,06 (20) <b>c</b>
Lv2	1,5 ±0,29 (3)		
Lv/Fr		1,02 ±0,10 (2)	
Fr	1,8 ±0,21 (20) <b>a</b>	0,90 ±0,04 (18) <b>b</b>	0,36 ±0,04 (20) <b>c</b>
H	1,90 ±0,29 (11) <b>a</b>	0,86±0,99 (18) <b>b</b>	

Para cada horizonte orgânico, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem pelo teste t ao nível de  $p<0,05$ .

Fonte: Oliva (2015)

Como pode ser constatado na presente pesquisa, os teores de P obtidos nos subhorizontes Ln, Lv e Fr, são baixos. Portanto, caracterizando deficiência de P em consequência da baixa concentração no solo (FIGURA 21) devido à baixa mobilidade do nutriente no perfil do solo pela influência da textura, coloides amorfos e matéria orgânica (NOVAIS; SMYTH, 1999).

No caso do K, Na, Ca e Mg, observa-se superioridade ( $p<0,05$ ) dos teores obtidos nos horizontes orgânicos, Ln, Lv e Fr, para a FS2 em relação aos tratamentos FS1 e REP (TABELA 15 e 16).

Os teores de K, possivelmente sejam provenientes do material de origem rico em feldspatos na região (MINERAIS DO PARANÁ S/A (MINEROPAR), 2001).

Os teores de Ca e Mg obtidos nos horizontes orgânicos da fitomassa da FS2 são duas vezes maiores aos teores determinados na fitomassa da FS1 (TABELA 16). Provavelmente essa diferença de teores entre ambas as florestas sejam decorrentes da idade da vegetação, exigência nutricional das espécies, ciclagem de nutrientes entre outras.

Para o tratamento REP foram determinados os menores teores de K, Ca e Mg. Os valores obtidos de K de 0,50; 0,21 e 0,21 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente para Ln, Lv e Fr, apresentam níveis baixos na faixa de interpretação de adequados para folhas fotossinteticamente ativas (6,0 a 12,0 g kg<sup>-1</sup>) para a exigência nutricional do *Pinus*



(REISSMANN; WISNIEWSKI, 2004). Os baixos teores encontrados no material de serapilheira indicam claramente um alto índice de redistribuição por ocasião da senescência das acículas. Em relação ao Ca seria esperado o contrário, devido à sua imobilidade e tendência ao acúmulo nos tecidos mais velhos, ou seja, seus teores nos tecidos do material de serapilheira seriam enriquecidos em relação às folhas maduras e ativas fotossinteticamente. No entanto, com exceção dos valores de Fr, considerados como adequados (faixa entre 3,0 a 5,0 g kg<sup>-1</sup>) e para Mg valores classificados à faixa de teores inferiores (1,3 a 2,0 g kg<sup>-1</sup>) (GONÇALVES, 2005).

Para a REP os teores de Ca obtidos, para os subhorizontes orgânicos, foram 3,46, 3,63 e 2,91 g kg<sup>-1</sup> para Ln, Lv e Fr, respectivamente. E teores de Mg foram 0,99 g kg<sup>-1</sup> para Ln, 0,96 g kg<sup>-1</sup> para Lv e 0,88 g kg<sup>-1</sup> para Fr (TABELA 16). Os teores de Ca determinados para Ln e Lv são considerados superiores e, os teores de Mg no subhorizonte Ln considerados inferior e superior para Lv (WINAGRASKI, 2014). A autora encontrou teores de Ca de 2,51 e 1,59 g kg<sup>-1</sup> para Ln e Lv, respectivamente. E valores de Mg de 1,23 g kg<sup>-1</sup> para o subhorizonte Ln e 0,47 g kg<sup>-1</sup> para Lv na fitomassa de serapilheira de *Pinus taeda* em Jaguariaíva – PR. Em Ponta Grossa – PR Trevisan (1992) determinou teores médios de Ca para os subhorizontes de 3,40 g kg<sup>-1</sup> para Ln1; 3,0 g kg<sup>-1</sup> para Ln2; 2,60 g kg<sup>-1</sup> para Lv e 0,60 g kg<sup>-1</sup> para Fr. E valores correspondentes ao nutriente Mg de 0,29 g kg<sup>-1</sup> para Ln1; 0,31 g kg<sup>-1</sup> para Ln2; 0,24 g kg<sup>-1</sup> para Lv e 0,12 g kg<sup>-1</sup> para o subhorizonte Fr. Essa variação de teores de nutrientes sejam decorrentes de diversos processos como a disponibilidade dos nutrientes pelo material de origem, precipitação, genética das espécies entre outros fatores.

TABELA 15 – TEORES DE K e Na (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM  $t_{0,05}$  E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus spp.*

HO	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP
	K			Na		
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
Ln	3,0 ±0,46 (16) <b>b</b>	5,19 ±0,83 (19) <b>a</b>	0,50 ±0,03 (20) <b>c</b>	0,30 ±0,01 (16) <b>b</b>	0,87 ±0,24 (19) <b>a</b>	0,17 ±0,01 (20) <b>c</b>
Ln/Lv	2,06 ±0,39 (2)			0,27 ±0,03 (2)		
Ln/Lv1	2,80 (1)			0,30 (1)		
Ln/Lv2	2,20 (1)			0,30 (1)		
Lv	1,80 ±0,19 (17) <b>b</b>	2,91 ±0,22 (19) <b>a</b>	0,21 ±0,01 (20) <b>c</b>	0,24 ±0,01 (17) <b>b</b>	0,36 ±0,01 (19) <b>a</b>	0,14 ±0,01 (20) <b>c</b>
Lv2	2,0 ±0,54 (3)			0,30 ±0,01(3)		
Lv/Fr		1,34 ±0,10 (2)			0,31 ±0,00 (2)	
Fr	1,10 ±0,09 (20) <b>b</b>	1,50 ±0,16 (18) <b>a</b>	0,21 ±0,01 (20) <b>c</b>	0,20 ±0,01 (20) <b>b</b>	0,40 ±0,01 (18) <b>a</b>	0,16 ±0,01 (20) <b>c</b>
H	0,60 ±0,08 (11) <b>a</b>	0,71 ±0,05 (18) <b>a</b>		0,40 ±0,08 (11) <b>a</b>	0,47 ±0,05 (18) <b>a</b>	

Para cada horizonte orgânico, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem pelo teste t ao nível de  $p<0,05$ .

Fonte: Oliva (2015)

TABELA 16 – TEORES DE Ca e Mg (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM  $t_{0,05}$  E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus spp.*

	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP
HO	Ca			Mg		
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
Ln	8,8 ±0,59 (16) <b>b</b>	20,89 ±1,54 (19) <b>a</b>	3,46 ±0,40 (20) <b>c</b>	2,30 ±0,14 (16) <b>b</b>	6,25 ±0,35 (19) <b>a</b>	0,99 ±0,12 (20) <b>c</b>
Ln/Lv	4,98 ±4,88 (2)			1,09 ±1,04 (2)		
Ln/Lv1	12,3(1)			2,30 (1)		
Ln/Lv2	9,8 (1)			2,70 (1)		
Lv	9,89 ±0,37 (17) <b>b</b>	21,97 ±1,29 (19) <b>a</b>	3,63 ±0,40 (20) <b>c</b>	2,23 ±0,13 (17) <b>b</b>	5,74 ±0,15 (19) <b>a</b>	0,96 ±0,07 (20) <b>c</b>
Lv2	6,30 ±3,06 (3)			1,40 ±0,65 (3)		
Lv/Fr		17,17 ±4,60 (2)			5,64 ±0,60 (2)	
Fr	10,3 ±0,64 (20) <b>b</b>	20,40 ±1,08 (18) <b>a</b>	2,91 ±0,36 (20) <b>c</b>	2,0 ±0,12 (20) <b>b</b>	4,80 ±0,17 (18) <b>a</b>	0,88 ±0,08 (20) <b>c</b>
H	8,30 ±1,67 (11) <b>b</b>	12,77 ±0,97 (18) <b>a</b>		1,80 ±0,23 (11) <b>b</b>	3,11 ±0,21 (18) <b>a</b>	

Para cada horizonte orgânico, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem pelo teste t ao nível de  $p<0,05$ .

Fonte: Oliva (2015)

#### 4.4.1.2.2 Teores de micronutrientes

As concentrações dos micronutrientes Cu e Fe determinados nos horizontes orgânicos sobre o solo da FS1 diferiram estatisticamente dos demais tratamentos analisados (TABELA 17 e 18).

Os teores dos micronutrientes na serapilheira acumulada da FS1 apresentaram a ordem relativa para o subhorizonte Ln e Lv: Fe > Mn > Zn > Cu e para Fr: Fe > Mn > Cu > Zn. Para a FS2 os teores para os subhorizontes foram: Ln: Mn > Fe > Cu > Zn; para Lv: Mn > Fe > Zn > Cu e para Fr: Fe > Mn > Zn > Cu. Entretanto, para o tratamento REP os teores dos micronutrientes apresentaram comportamento semelhante para os subhorizontes Ln, Lv e Fr, sendo: Mn > Fe > Zn > Cu. Nessa análise, constata-se que Zn e Cu são os micronutrientes mais fortemente retidos na matéria orgânica.

As sequências encontradas nos subhorizontes Ln e Lv são similares àquelas obtidas em Floresta Ombrófila Mista Montana (CALDEIRA et al., 2007), em Floresta Ombrófila Densa Submontana (CALDEIRA et al., 2008), em Floresta Estacional Decidual (BRUN et al., 2010), Floresta Estacional Semidecídua (CALDEIRA et al., 2013) e em povoamentos de Pinus (CASTRO; POGGIANI; NICOLIELO, 1980; MELO; RESCK, 2002).

Como pode ser observado e comparado com as sequências verificadas nas pesquisas citadas acima, os maiores teores principalmente de Fe e Mn, seja devido à sua baixa mobilidade nos tecidos vegetais (MALAVOLTA, 2006), altos teores dos nutrientes nas folhas de algumas espécies (CALDEIRA et al., 2007) bem como provável contaminação por atividade de organismos como minhocas, besouros e larvas.

Os teores de Cu, no perfil orgânico da FS1 variaram de 13,88 a 49,70 g kg<sup>-1</sup> no subhorizonte Ln e Lv, respectivamente. Para a FS2 os valores variaram de 18,50 g kg<sup>-1</sup> para Fr a 21,24 g kg<sup>-1</sup> para Ln (TABELA 17). Em FOMM Caldeira et al. (2007) constataram na serapilheira acumulada teor médio do micronutriente Cu de 18,72 mg.kg<sup>-1</sup> e Oliveira (2010) obteve teor de 20,60 mg kg<sup>-1</sup>. Resultados esses considerados inferiores aos obtidos na presente pesquisa para FS1 (25,5 mg kg<sup>-1</sup>) e semelhantes para FS2 (20,4 mg kg<sup>-1</sup>).

Em povoamentos de *Pinus elliotti* em Irati - PR Oliveira (2010) constatou teor médio de 5,4 mg kg<sup>-1</sup> e teor de 7,8 mg kg<sup>-1</sup> obtido por Winagraski (2014) em povoamentos de *Pinus taeda* em Jaguariaíva – PR. Resultados esses considerados superiores quando comparado com o teor médio obtido na Regeneração Espontânea de *Pinus spp.* (3,0 mg kg<sup>-1</sup>).

No caso do micronutriente Mn, os teores encontrados foram superiores nos subhorizontes Ln, Lv e Fr da REP diferindo estatisticamente da FS1 e FS2. Os menores teores de Mn foram encontrados no subhorizonte Ln, 382,30 e 507,60 mg kg<sup>-1</sup> para FS1 e FS2, respectivamente, com tendência de aumento dos teores do nutriente nos subhorizontes seguintes (TABELA 17). Fato este também verificado por Correa (2007). O autor obteve na sucessão Inicial da Floresta Ombrófila Densa teores de 155 mg kg<sup>-1</sup> no horizonte L a 298,0 mg kg<sup>-1</sup> no horizonte F. E na sucessão Média obteve teores de 168 mg kg<sup>-1</sup> no horizonte L a 181 mg kg<sup>-1</sup> no horizonte F.

Na REP obteve-se teores para os subhorizontes de Mn de 1443,07 mg kg<sup>-1</sup> para Ln, 1432,41 mg kg<sup>-1</sup> para Lv e 1469,70 mg kg<sup>-1</sup> para Fr com teor médio de 1448,39 mg kg<sup>-1</sup>. Resultado esse considerado superior quando comparado com pesquisas realizadas com o gênero pinus (TREVISAN, 1992; OLIVEIRA, 2010; WINAGRASKI, 2014). Teores superiores obtidos nos subhorizontes orgânicos, possivelmente sejam decorrentes do aumento do micronutriente conforme avança a idade da acícula sendo acrescentado o tempo de deposição e duração na superfície do solo, sendo enriquecido relativamente pela perda dos demais nutrientes e, também, sujeito à contaminação (OLIVEIRA, 2010).

Para o Fe, os teores obtidos nos subhorizontes Ln e Lv da FS1, diferiram estatisticamente dos teores encontrados na FS2 e REP (TABELA 18).

No perfil orgânico da FS1 os teores de Fe variaram de 486,3 mg kg<sup>-1</sup> no subhorizonte Ln/Lv1 a 4474,7 mg kg<sup>-1</sup> no subhorizonte H. E na FS2 obtiveram-se valores de 108,29 mg kg<sup>-1</sup> para Ln a 8356,74 mg kg<sup>-1</sup> no subhorizonte H. Observa-se que foram determinados altos teores do nutriente nos subhorizontes em ambas as Florestas Secundárias. Teores esses considerados altos quando comparados com outras pesquisas (OLIVEIRA, 2010; CORREA, 2007). Em FOMM em Irati – PR Oliveira (2010) encontrou teor médio de 864,0 mg kg<sup>-1</sup> e Correa (2007) obteve na sucessão Inicial da FOD teores de 235 mg kg<sup>-1</sup> no horizonte L a 1332,0 mg kg<sup>-1</sup> no horizonte F. Na sucessão Média obteve teores de 233 mg kg<sup>-1</sup> no horizonte L a 3415 mg kg<sup>-1</sup> no horizonte F.

Para o micronutriente Zn, os maiores teores, com exceção do subhorizonte Lv, foram encontrados na fitomassa da FS1 diferindo estatisticamente da FS2 (TABELA 18). Os teores variaram de 28,9 mg kg<sup>-1</sup> no subhorizonte Ln a 32,82 mg kg<sup>-1</sup> no subhorizonte Lv da FS1. E na FS2 os teores foram de 18,79 para Ln a 24,20 mg kg<sup>-1</sup> no subhorizonte Fr.

Na REP os teores de Zn variaram, no perfil orgânico, de 23,70 mg kg<sup>-1</sup> no subhorizonte Ln a 38,68 mg kg<sup>-1</sup> no subhorizonte Lv com teor médio do micronutriente de 31,0 mg kg<sup>-1</sup>. Resultado esse quando comparado com pesquisas realizadas com povoamentos de pinus pode ser considerado superior (Winagraski, 2014) e inferior (TREVISAN, 1992; OLIVEIRA, 2010).

É importante lembrar que os nutrientes contidos nos materiais depositados não estão igualmente disponíveis, sendo alguns mais prontamente hidrossolúveis. Em serapilheira de *Pinus taeda* Reissmann et al. (1997) encontraram a seguinte sequência para os horizontes Ln: K>Al>Mn>Mg>Zn>Ca>Fe>Cu e Lv: K>Mg>Mn>Zn>Al>Ca>Fe>Cu. Como se pode constatar Fe e Cu são os elementos mais fortemente retidos na matéria orgânica.

TABELA 17 – TEORES DE Cu e Mn (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM  $t_{0,05}$  E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus spp.*

TRATAMENTO	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP
HO	Cu			Mn		
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
Ln	24,6 ±2,74 (16) <b>a</b>	21,2 ±4,66 (19) <b>a</b>	2,4 ±0,42 (20) <b>c</b>	382,3 ±31,0 (16) <b>c</b>	507,6 ±75,69 (19) <b>b</b>	1443,1 ±72,71 (20) <b>a</b>
Ln/Lv	13,8 ±0,02 (2)			479,5 ±34,92 (2)		
Ln/Lv1	17,0 (1)			493,0 (1)		
Ln/Lv2	17,0 (1)			490,0 (1)		
Lv	25,8 ±1,79 (17) <b>a</b>	20,0 ±1,93 (19) <b>b</b>	3,0 ±0,62 (20) <b>c</b>	509,2 ±30,05 (17) <b>c</b>	810,7 ±92,15 (19) <b>b</b>	1432,4 ±99,31 (20) <b>a</b>
Lv2	22,9 ±2,40 (3)			549,4 ±176,97 (3)		
Lv/Fr		23,8 ±2,10 (2)			577,3 ±73,40 (2)	
Fr	33,0 ±1,48 (20) <b>a</b>	18,5 ±2,31 (18) <b>b</b>	3,6 ±0,59 (20) <b>c</b>	479,9 ±38,88 (20) <b>c</b>	979,2 ±95,97 (18) <b>b</b>	1469,7 ±91,18 (20) <b>a</b>
H	49,7 ±6,70 (11) <b>a</b>	18,6 ±2,17 (18) <b>b</b>		597,3 ±67,44 (11) <b>a</b>	712,4 ±93,07 (18) <b>a</b>	

Para cada horizonte orgânico, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem pelo teste t ao nível de  $p<0,05$ .

Fonte: Oliva (2015)

TABELA 18 – TEORES DE Fe e Zn (MÉDIA± ERRO PADRÃO COM  $t_{0,05}$  E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA) DOS HORIZONTES ORGÂNICOS SOBRE SOLO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus spp.*

TRATAMENTO	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP
HO	Fe			Zn		
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
Ln	486,3 ±83,92 (16) <b>a</b>	108,3 ±11,18 (19) <b>b</b>	91,6 ±7,85 (20) <b>c</b>	28,9 ±2,70 (16) <b>a</b>	18,8 ±2,14 (19) <b>c</b>	23,7 ±3,52 (20) <b>a</b>
Ln/Lv	567,2 ±306,05 (2)			45,6 ±12,96 (2)		
Ln/Lv1	396,2 (1)			44,9 (1)		
Ln/Lv2	735,0			33,0 (1)		
Lv	1284,5 ±169,07 (17) <b>a</b>	395,5 ±54,13 (19) <b>c</b>	628,7 ±67,34 (20) <b>b</b>	32,8 ±2,65 (17) <b>b</b>	23,4 ±2,48 (19) <b>c</b>	38,7 ±8,74 (20) <b>a</b>
Lv2	1911,1 ±780,70 (3)			35,4 ±3,26 (3)		
Lv/Fr		736,5 ±107,8 (2)			13,4 ±1,50 (2)	
Fr	2689,4 ±142,94 (20) <b>a</b>	1708,5 ±402,16 (18) <b>b</b>	1446,9 ±78,71 (20) <b>b</b>	31,8 ±2,60 (20) <b>a</b>	24,2 ±1,94 (18) <b>c</b>	30,5 ±2,69 (20) <b>a</b>
H	4474,7 ±619,33 (11) <b>b</b>	8356,7 ±1169,28 (18) <b>a</b>		37,7 ±4,70 (11) <b>a</b>	24,6 ±5,04 (18) <b>b</b>	

Para cada horizonte orgânico, médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem pelo teste t ao nível de  $p<0,05$ .

Fonte: Oliva (2015)

## 4.5 ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO SOLO

Os valores dos atributos físicos (densidade, umidade e granulometria) e químicos (pH  $\text{CaCl}_2$ , Al, H+Al, C, N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn) obtidos para todas as profundidades analisadas sob o solo das Florestas Secundárias e no Povoamento de Regeneração Espontânea de *Pinus* spp. encontram-se nos Anexos 4 ao 11.

### 4.5.1 Atributos físicos

Comportamento semelhante foi observado no perfil do solo para os tratamentos analisados com menores valores de densidade nas camadas superficiais com tendência a aumentar em subsuperfície (TABELA 19).

TABELA 19 – VALORES DE DENSIDADE EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp. (MÉDIA DE 6 REPETIÇÕES).

PROFUNDIDADE (cm)	FS1	PROFUNDIDADE (cm)	FS2	PROFUNDIDADE (cm)	REP
----- g cm <sup>-3</sup> -----					
0 - 5	0,82	0 - 7	0,71	0 - 10	1,09
5 - 10	0,83	7 - 15	0,96	10 - 20	1,02
10 - 20	1,10	15 - 40	1,14	20 - 40	1,20
20 - 40	1,19	40 - 80	1,19	40 - 80	1,15
40 - 100	1,17	80 - 100	1,18	80 - 100	1,10
<b>MÉDIA GERAL</b>	1,00		1,04		1,11

Fonte: Oliva (2015)

As menores densidades obtidas em solos sob mata nativa podem ser atribuídas à interação das camadas superficiais com o aporte de material orgânico (DENARDIN et al., 2014). A matéria orgânica do solo apresenta densidade menor que a densidade da matéria mineral, a qual apresenta poder de flocular o solo, abrir

espaços e, evitar a compactação, por isso, diminui a massa em relação ao volume (LAURINDO et al., 2009). A densidade apresenta tendência a aumentar em subsuperfície em virtude de vários fatores entre eles a redução de matéria orgânica, menor agregação, menor penetração de raízes, maior compactação decorrente do peso das camadas sobrejacentes, diminuição da porosidade total devido à eluviação de argila (COSTA et al., 2003).

Os valores médios obtidos, 1,00, 1,04 e 1,11 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente, para o perfil do solo da FS1, FS2 e REP estão compreendidos na faixa de variação de densidade para a maioria dos solos de 1,0 a 1,2 g cm<sup>-3</sup> (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

Os valores obtidos nas avaliações de umidade do solo demonstram as diferenças consideráveis do atributo entre as áreas analisadas (TABELA 20). Os valores da umidade do solo sob as florestas secundárias apresentaram comportamento semelhante com menores valores de umidade nas camadas superficiais com tendência de aumento em subsuperfície. No entanto, o oposto foi constatado no tratamento REP, maiores valores de umidade foram determinados nas camadas superficiais com tendência em diminuir em subsuperfície. Os menores valores de umidade encontrados nos solos sob as florestas secundárias são resultados decorrentes da maior dinâmica da água nas camadas superficiais até 20 cm (Rodrigues, 1999) e do processo de transpiração, solo, planta e atmosfera (SANTOS; RANGEL; CASTRO JÚNIOR, 2011).

TABELA 20 – VALORES DE UMIDADE EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.

PROFUNDIDADE	FS1	FS2	REP
	----- % -----		
0 - 2,5	25,9	23,4	33,1
2,5 - 5	24,4	23,1	30,6
5 - 10	27,7	36,3	27,2
10 - 20	27,1	38,8	23,1
20 - 40	29,2	38,9	20,4
40 - 60	28,9	37,8	24,6
60 - 80	28,5	42,0	24,0
80 - 100	30,4	41,9	27,1
MÉDIA (0 - 20 cm)	27,8	35,3	26,3

Fonte: Oliva (2015)



Os teores médios de areia total, silte e argila, determinados no perfil do solo sob FS1, caracterizam classe argilosa para esse tratamento (TABELA 21). Para FS2 e REP, os teores obtidos na análise granulométrica foram muito próximos quanto à porcentagem de areia total, silte e argila, conferindo, para ambos os tratamentos, classe textural média (EMBRAPA, 1997).

TABELA 21 – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SOLO SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO ESPONTÂNEO DE *Pinus* spp.

TRATAMENTO	AREIA	SILTE	ARGILA	CLASSE TEXTURAL
	-----	% -----	-----	
FS1	19,7	27,6	52,8	Argilosa
FS2	43,6	38,3	18,3	Média
REP	40,0	39,0	21,1	Média

Fonte: Oliva (2015)

#### 4.5.2 Atributos químicos

##### 4.5.2.1 Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total (NT)

As concentrações COT e NT variaram no perfil do solo em função dos tratamentos analisados, com tendência em diminuir as respectivas concentrações em subsuperfície (FIGURAS 12 e 13).

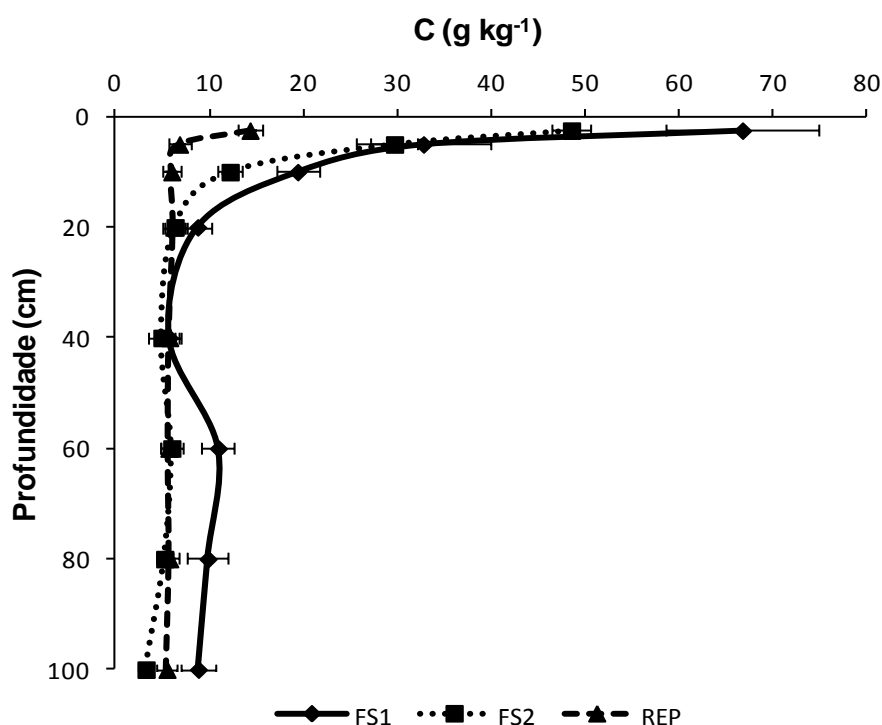
As concentrações dos nutrientes, COT e NT, sob a FS2 em todas as profundidades analisadas até 20 cm ( $p < 0,05$ ) foram superiores quando comparadas com as concentrações obtidas no solo sob REP, ambos os sítios sobre o mesmo substrato mineral. Entretanto, em subsuperfície, com exceção da camada de 80 – 100 cm, as concentrações obtidas em ambos os tratamentos não diferiram pela análise realizada. Isto sugere que a qualidade e a quantidade do material orgânico depositado na superfície do solo da FS2, foram responsáveis pelas maiores concentrações destes elementos nas camadas superficiais, como consequência da decomposição e de sua incorporação no solo. De acordo com Schumacher et al. (2004), a deposição e subsequente decomposição da fitomassa é o principal caminho para a transferência de C e nutrientes das árvores para o solo. Sendo esse

material orgânico responsável pelo acúmulo de carbono na camada superficial, em decorrência do processo de humificação (MAFRA et al., 2008).

As concentrações de carbono orgânico obtido no solo sob a FS1 apresentaram tendência de diminuir em subsuperfície sendo verificada diferença estatística ( $p < 0,05$ ) nas camadas superficiais e em subsuperfície na camada de 20 – 40 cm.

Os valores médios obtidos de CO na camada superficial de 0 – 20 cm, para FS1 e FS2 no presente estudo são consideradas concentrações inferiores (BIESEK, 2012; GOMES, 2014). Resultados esses baixos pelo fato das áreas analisadas encontram-se em processo de recuperação com pouca contribuição de resíduos orgânicos quando comparado com as áreas de estudo dos autores citados. Esses autores obtiveram valores médios de carbono orgânico em FOMM de  $51 \text{ g kg}^{-1}$  em Castro - PR e  $170,03 \text{ g kg}^{-1}$  em Rio Negrinho – SC.

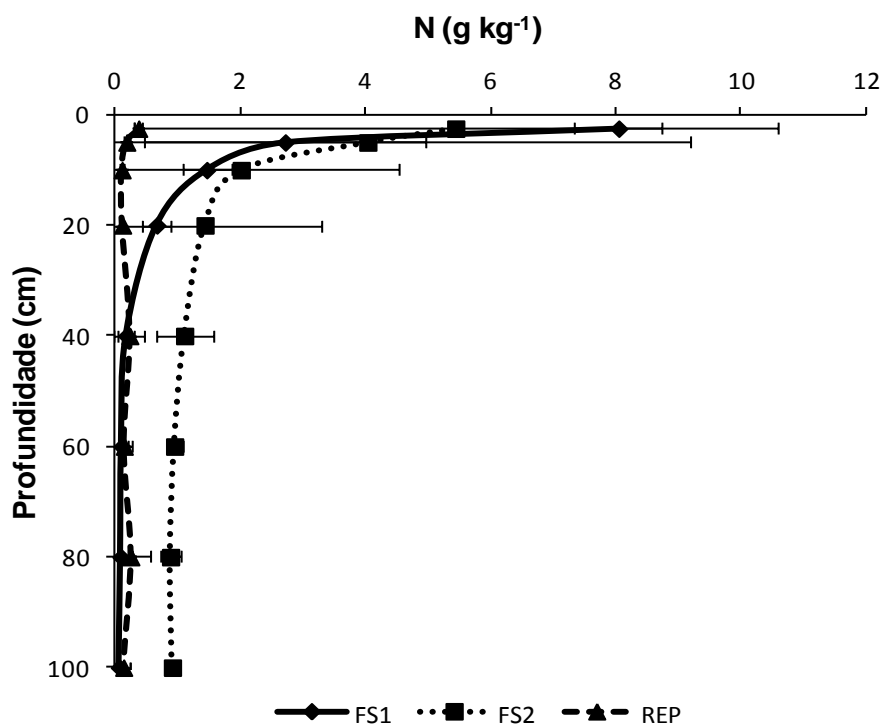
FIGURA 12 – CONCENTRAÇÃO DE CARBONO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA  $\pm$  INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

As concentrações de NT no solo sob os tratamentos analisados apresentaram comportamento semelhantes, com maiores valores nas camadas superficiais (FIGURA 13). No solo sob FS1 e REP as maiores concentrações de nitrogênio foram constatadas nas camadas superficiais diferindo estatisticamente ( $p<0,05$ ) das demais camadas analisadas em subsuperfície. Fato esse justificado pela maior quantidade de matéria orgânica acumulada, ocorrendo intenso processo de decomposição e mineralização nessas camadas.

FIGURA 13 – CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO TOTAL EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA  $\pm$  INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

As concentrações de N no perfil do solo sob a FS2 e REP variaram entre 0,9 a 5,4 g kg<sup>-1</sup> e 0,1 a 0,4 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Os valores do nutriente diferiram estatisticamente nas camadas em subsuperfície. Ainda, o solo sob FS2 apresentou a maior concentração de NT na camada de 0 – 2,5 cm do nutriente no primeiro metro do perfil em relação aos demais solos estudados. Esses resultados podem ser atribuídos ao material orgânico sendo mineralizado e incorporado no solo.

No perfil do solo sob FS1 obtiveram-se valores que variaram de 0,1 a 8,0 g kg<sup>-1</sup>. Até 20 cm de profundidade não se constata diferença estatística nas concentrações do nutriente no solo sob FS1 e FS2. De acordo com Camargo et al. (1999), as concentrações de NT no perfil do solo dependem de vários fatores como umidade, temperatura, aeração, quantidade e a natureza do material orgânico depositado no solo.

As relações C:N, nos tratamentos FS2 e REP, apresentaram tendência em diminuir em subsuperfície (TABELA 22). Fato este também constatado em outras pesquisas (BRUN, 2008; BIESEK, 2012). Mesmo solo apresenta diferentes razões C:N a diferentes profundidades, geralmente diminuindo em subsuperfície (ZINN; LAL; RESCK, 2011) devido aos maiores teores de carbono orgânico solúvel (COS) em superfície, embora nem sempre isto ocorra.

As relações encontradas no solo sob a FS2 foram mais baixas (<20:1). Portanto, baixas relações C:N favorecem o desenvolvimento das plantas em virtude de maior quantidade de microorganismos no processo de decomposição resultando em maior quantidade de nitrogênio mineralizado (MIYASAKA, 1984).

TABELA 22 – RELAÇÃO C:N EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.

TRATAMENTO	FS1	FS2	REP
PROFUNDIDADE (cm)	----- C:N -----		
0,0 - 2,5	8,4	9,0	35,8
2,5 - 5,0	12,1	7,4	34,0
5,0 - 10,0	12,9	6,1	60,0
10,0 - 20,0	12,4	4,5	62,0
20,0 - 40,0	28,5	4,5	28,5
40,0 - 60,0	109,0	6,7	57,0
60,0 - 80,0	98,0	5,8	28,5
80,0 - 100	88,0	3,6	55,0
<b>Média (0 - 20 cm)</b>	11,5	6,8	47,9

Fonte: Oliva (2015)

As relações C:N determinadas no solo sob a FS1 aumentaram em subsuperfície. Provavelmente pela presença de C humificado indicando maior quantidade de material recalcitrante em subsuperfície (20 – 100 cm) em relação aos

resíduos orgânicos na camada superficial (0 – 20 cm) que apresentaram valores de C:N abaixo de 20:1.

A relação C:N de resíduos orgânicos é um fator inerente à espécie, refletindo a velocidade com que a decomposição é realizada (FERNANDES, 2006). Nesse sentido, verificou-se no tratamento REP, altos valores de C:N (>30:1) com exceção das camadas 20 – 40 e 60 – 80 cm, possivelmente apresentando decomposição lenta, devido à presença de material recalcitrante e pela baixa qualidade nutricional ocorrendo menor susceptibilidade à mineralização e maior à imobilização do N (GONÇALVES; MENDES; SASAKI, 2001).

#### 4.5.2.2 Estoque de Carbono Orgânico (EstC) e Estoque de Nitrogênio (EstN)

Os maiores valores de EstC no solo, sob a FS1, FS2 e REP, foram observados na camada superficial (0 – 20 cm), com tendência de diminuir em subsuperfície (FIGURA 14). Esses elevados estoques são resultantes aos altos teores de C orgânico na camada superficial do solo.

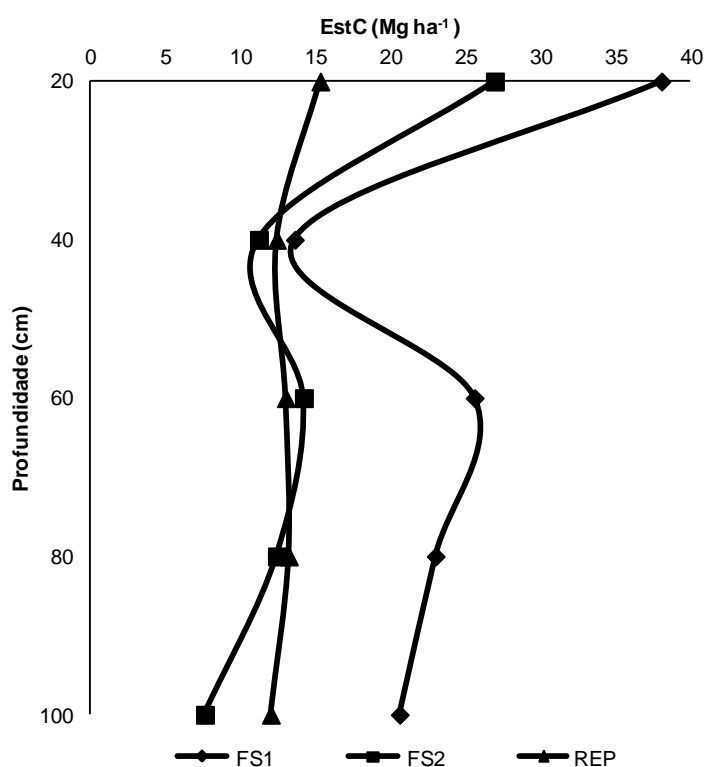
Os maiores valores de EstC, independentemente da profundidade analisada foram observadas para a FS1. Esta é decorrente de maior aporte de serapilheira depositada, maior período com a floresta e maiores teores de argila no solo. Ainda para esse tratamento, constata-se valores superiores em subsuperfície quando comparado com o estoque de carbono na profundidade de 40 cm. Provavelmente esses estoques sejam decorrentes de horizontes orgânicos enterrados e/ou presença de carvão de queimada proveniente de agricultura abandonada.

Os valores de estoque de C determinados até 20 cm de profundidade para a FS1 foi de 38,1 Mg ha<sup>-1</sup> e para a FS2 valor de 27,0 Mg ha<sup>-1</sup>. Valores estes inferiores aos encontrados na mesma profundidade de solos sob a Floresta Ombrófila Mista (PRIMIERY, 2008). O autor obteve em floresta em estágio avançado de regeneração estoque de carbono de 79,6 Mg ha<sup>-1</sup>; em campo nativo 70,7 Mg ha<sup>-1</sup> e em FOM Clímax estoque de 75,7 Mg ha<sup>-1</sup>.

O estoque de carbono total, até 100 cm de profundidade, para a FS1 foi de 120,90 Mg ha<sup>-1</sup>, seguida da FS2 com 72,4 Mg ha<sup>-1</sup> e 65,9 Mg ha<sup>-1</sup> para a REP. Valores estes inferiores quando comparado com os estoques encontrados em FOM

em estágio sucessional médio e em povoamentos de *Pinus* (GOMES, 2014). O autor encontrou em mata nativa estoque de C de  $214 \text{ Mg ha}^{-1}$ ; em povoamentos de *Pinus taeda* de primeira rotação com 17 anos de idade valor de  $177 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ; segunda rotação com 12 anos de idade estoque de  $273,0 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  e em desbaste seletivo e sistemático  $262,0 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ .

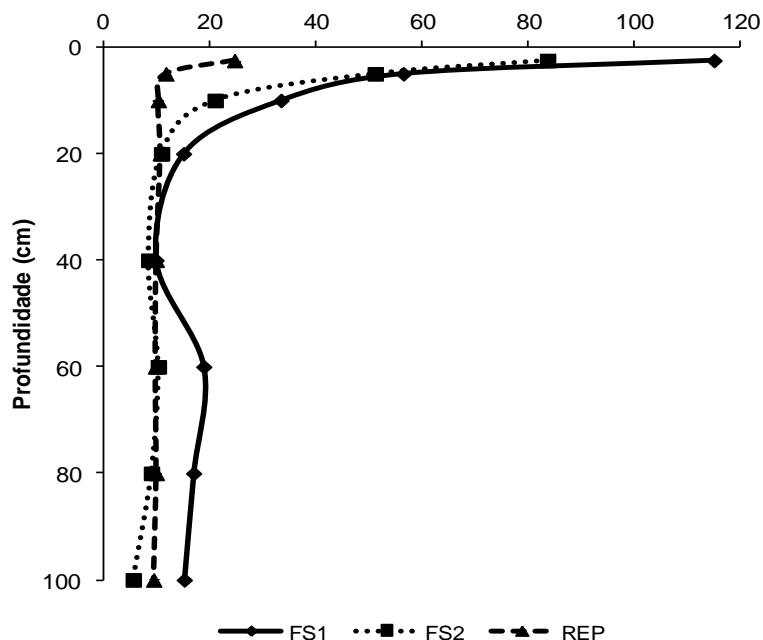
FIGURA 14 – ESTOQUE DE CARBONO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO ESPONTÂNEO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

Os valores de matéria orgânica do solo (MOS) são decorrentes da concentração de C no solo. As maiores concentrações de MOS foram encontradas nas camadas superficiais (0 – 20 cm), as quais diminuíram em subsuperfície (20 – 100 cm) para os tratamentos analisados (FIGURA 15).

FIGURA 15 – CONCENTRAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO ESPONTÂNEO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

Para a FS1 e FS2 obtiveram-se valores médios de MOS nas profundidades superficiais (até 20 cm), de 44,9 e 36,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo classificados como teores médios; e valor de 11,2 g kg<sup>-1</sup> no solo sob a REP, considerado baixo (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC, 2004).

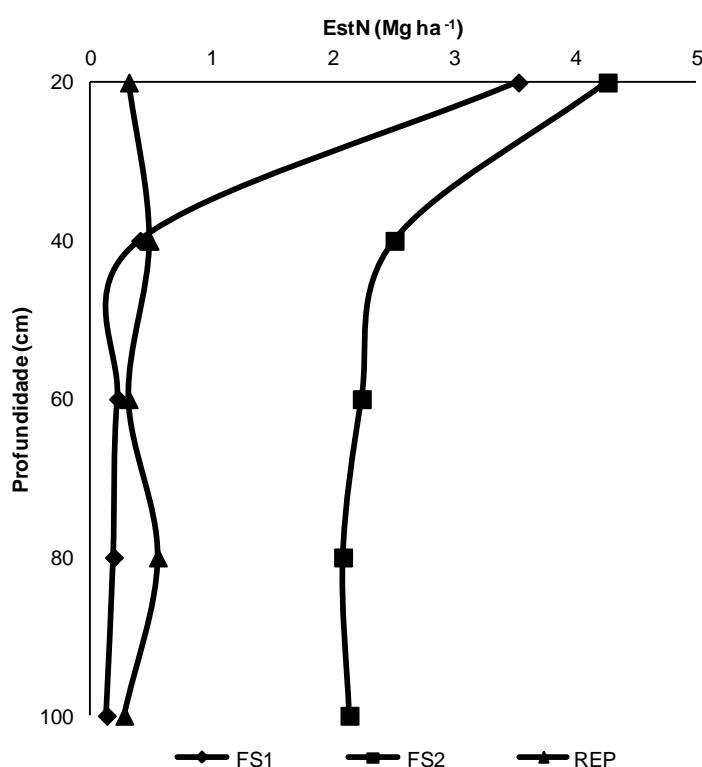
O desmatamento e a retirada das camadas superficiais do solo (A e B) promoveram drástica redução das concentrações de matéria orgânica nos tratamentos FS2 e na REP quando comparado com a concentração obtida na FS1. Ao comparar as concentrações de matéria orgânica entre os tratamentos, a diferença foi de 8,9 % a menos da FS1 para a FS2; 43,7 % a menos da FS1 para REP e de 24,8% a menos na REP quando comparada com os valores obtidos na FS2.

Como esperado, em função de total exposição do horizonte C, com relevo bastante acidentado e baixa cobertura florestal, as concentrações de matéria orgânica no solo sob a vegetação de *Pinus* spp. são baixas. Os valores de MOS variaram de 9,4 a 24,6 g kg<sup>-1</sup> nas diferentes profundidades analisadas.

Esses resultados destacam a importância da vegetação para a ciclagem e equilíbrio do ecossistema onde as concentrações do carbono e da matéria orgânica são afetadas pela remoção/alteração da vegetação. Segundo Pinto et al. (2009) o processo de decomposição desse material é influenciado não apenas pela qualidade do material vegetal, mas também pela qualidade do ambiente. Solos que sofreram ações antrópicas podem apresentar alterações significativas em seus atributos químicos e físicos, não favorecendo a colonização vegetal espontânea e ficarem suscetíveis à ação de processos erosivos (Valcarvel; D'Altério; 1998; Mendonça, 2001) influenciando as concentrações e os estoques de carbono do solo (FEARNSIDE, 2009).

Para os solos das florestas secundárias, os maiores valores de EstN foram constatados na camada superficial (0 – 20 cm) diminuindo em subsuperfície (FIGURA 16). Estes resultados são decorrentes da maior quantidade de resíduos, nutrientes e atividade biológica nas camadas superficiais (COUTINHO et al., 2010).

FIGURA 16 – ESTOQUE DE NITROGÊNIO TOTAL EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO ESPONTÂNEO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)



O estoque de nitrogênio verificado no perfil do solo sob a FS2 foi 8,9% superior ao estoque da FS1. Fato esse justificado, provavelmente, pelo plantio de espécies leguminosas (bracatinga) nesta área no ano de 1979 que contribuíram com o aporte do nutriente no solo.

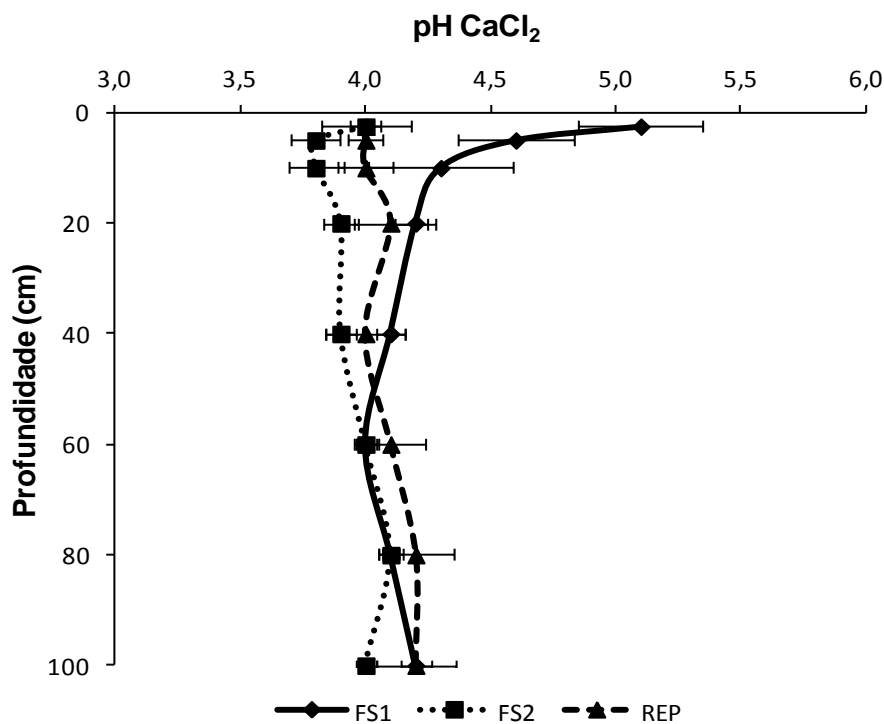
Os estoques de nitrogênio, no perfil do solo sob o a REP, variaram de 0,1 a 0,6 Mg ha<sup>-1</sup>. Perturbações em ecossistemas naturais, como o desmatamento e a retirada das camadas superficiais do solo, promovem significativa redução das concentrações e, conseqüentemente dos estoques de nutrientes no solo como constatado no solo sob a REP. O estoque médio de nitrogênio de 1,9 Mg ha<sup>-1</sup>, observado no perfil do solo, é muito baixo quando comparado com povoamentos de pinus em solos não degradados (BRUN, 2008).

#### 4.5.2.3 Acidez do Solo

Os valores do pH no perfil do solo variaram entre 4,0 a 5,1, 3,8 a 4,1 e 4,0 a 4,2 para FS1, FS2 e REP, respectivamente, caracterizando solos extremamente ácidos (EMBRAPA, 2006). Valores de pH baixos nos tratamentos FS1, FS2 e REP não surpreendem, uma vez que os solos tropicais sob áreas degradadas podem ser naturalmente ácidos e de baixa fertilidade natural.

Os valores de pH até 40 cm de profundidade determinados no solo sob a FS1 foram superiores aos observados em FS2 e REP (FIGURA 17). De modo geral, os maiores valores ( $p < 0,05$ ) do pH foram verificados no solo sob a FS1 com tendência de aumento da acidez em apenas nas profundidades de 80 e 100 cm. Fato este não verificado para os tratamentos, FS2 e REP, que apresentaram comportamento semelhante e não diferiram estatisticamente os valores em subsuperfície. Provavelmente os maiores valores do pH no solo sob a FS1 estejam relacionados com a decomposição da serapilheira como pela liberação de bases trocáveis (LOPES, 1998), bem como pela complexação do Al (MIYAZAWA; PAVAN; CALEGARI, 1993).

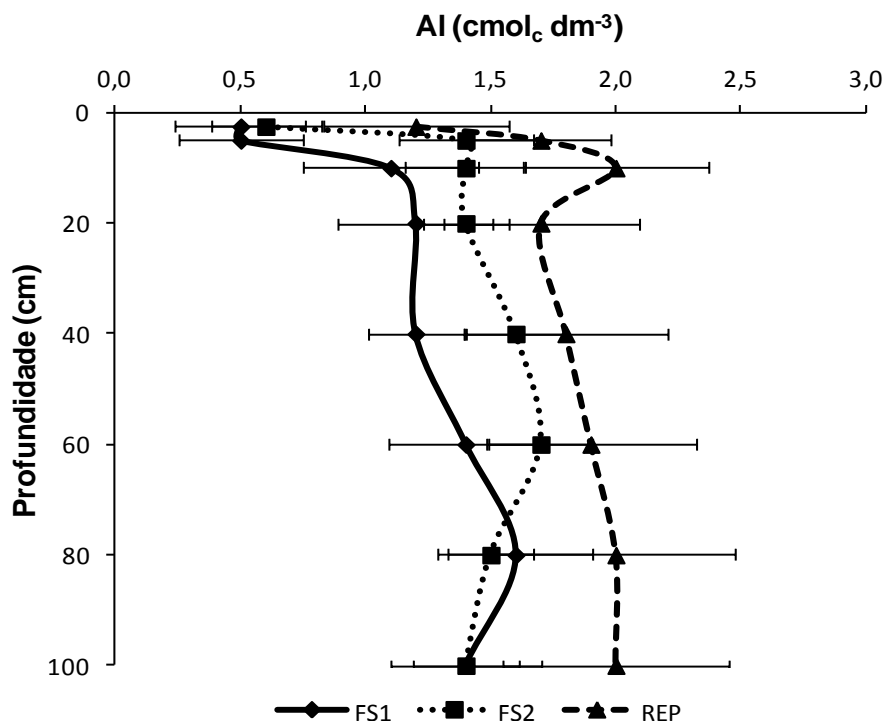
FIGURA 17 – pH $\text{CaCl}_2$  EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA  $\pm$  INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO ESPONTÂNEO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

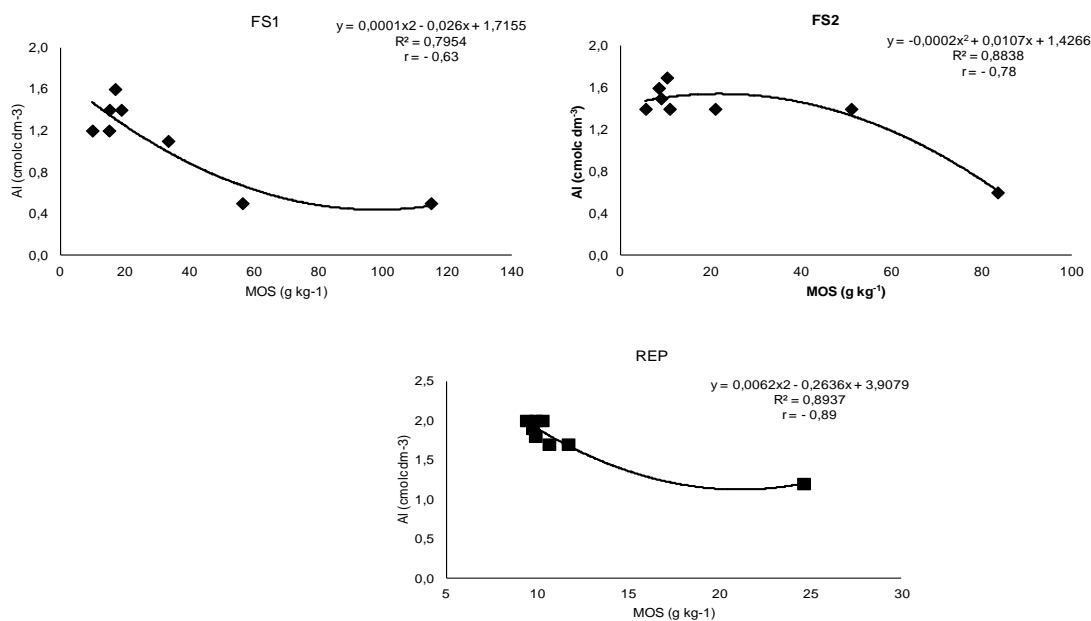
Os menores valores de Al ( $p < 0,05$ ) foram encontrados nas camadas superficiais dos tratamentos analisados com tendência de aumento da concentração em subsuperfície (FIGURA 18). Fato este observado também em outras pesquisas (BRITEZ et al., 1997; RIGATTO; DEDECK; MATTOS, 2005; MAFRA et al., 2008; GATTO et al., 2010). Provavelmente as concentrações baixas encontradas nas camadas superficiais dos respectivos tratamentos sejam decorrentes da complexação do alumínio com a matéria orgânica. Fato este, corroborado com os altos teores obtidos da matéria orgânica nas camadas superficiais dos respectivos tratamentos e pelas relações obtidas entre MO x Al de  $r = 0,63$  para FS1,  $r = 0,78$  para FS2 e  $r = 0,89$  para REP (FIGURA 19).

FIGURA 18 – CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA  $\pm$  INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

FIGURA 19 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO OBTIDOS ENTRE CONCENTRAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E ALUMÍNIO EM SOLOS DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

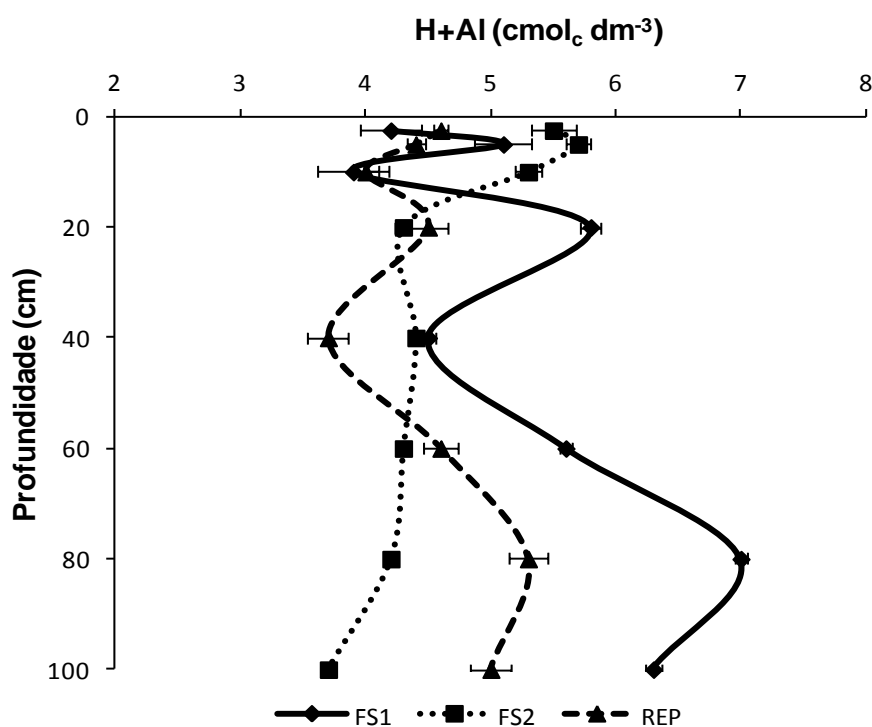
As concentrações do elemento variaram no perfil do solo de 0,5 a 1,6  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  para a FS1; 0,6 a 1,7  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  para FS1 e 1,2 a 2,0  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  na REP. Para os tratamentos FS2 e REP, com exceção dos valores obtidos na camada de 0 – 2,5 cm, as concentrações de Al não apresentaram diferença ( $p < 0,05$ ) em subsuperfície e entre os tratamentos.

Na FS1 constatou-se diferença pelo teste realizado somente nas camadas superficiais (0 – 2,5 e 2,5 a 5,0 cm). Para os valores médios nas camadas superficiais e em subsuperfície dos tratamentos, as maiores concentrações de Al, seguiram a seguinte ordem decrescente:  $\text{REP} > \text{FS2} > \text{FS1}$ .

Os resultados de saturação de alumínio (<20%) são considerados altos nas camadas superficiais e em subsuperfície, nos solos sob a FS2 e REP. Entretanto, para o tratamento testemunha FS1, obteve-se valor considerado médio (10,1 – 20,0 %), na camada superficial e alto (<20%) em subsuperfície (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC, 2004).

No perfil do solo sob a FS1 os valores de H + Al variaram de 3,9 a 7,0  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  diminuindo a acidez em subsuperfície (FIGURA 20).

FIGURA 20 – CONCENTRAÇÃO DE H+Al EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA  $\pm$  INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.



Os valores médios de H+Al verificados na camada superficial de 4,8  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e em subsuperfície de 5,9  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no presente estudo são inferiores (OSAKI, 2008; SANTOS, 2009). As autoras, respectivamente, constataram concentração média de 12,66  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no solo sob a FOM em Tijucas do Sul – PR e de 15,07  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  em solo sob FOMM em Bituruna-PR.

As concentrações de H+Al nos tratamentos FS2 e REP, são distintas, sendo que na FS2 a acidez é mais baixa nas camadas superficiais, enquanto na REP a acidez é mais alta em subsuperfície a partir de 60 cm de profundidade (FIGURA 20). Provavelmente fato este explicado pelo maior aporte de resíduos orgânicos nas camadas superficiais pela FS2 em relação à REP, uma vez que, a presença de substâncias húmicas da matéria orgânica aumenta a quantidade de sítios de adsorção catiônicos no solo complexando o Al e diminuindo sua atividade na solução do solo (ALMEIDA et al., 2005; MEURER, 2006). Fato este corroborado com os baixos teores de Al encontrados no solo sob as Florestas Secundárias.

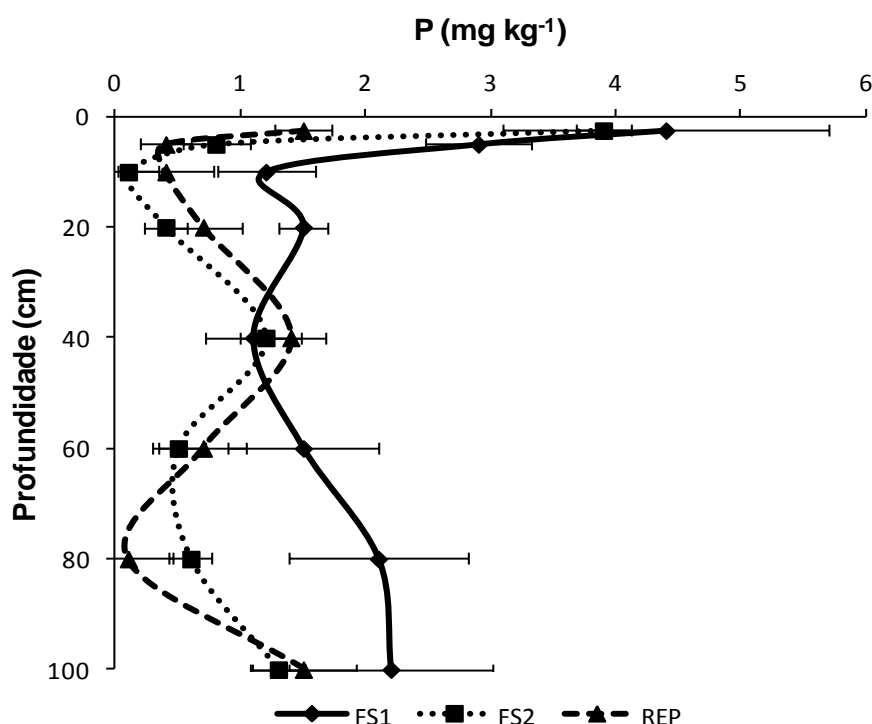
#### 4.5.2.4 Concentração de macronutrientes no solo

As concentrações de P variaram nas profundidades e nos tratamentos analisados (FIGURA 21).

As maiores concentrações do nutriente foram encontradas no solo sob FS1 devido a não remoção das camadas superficiais e a contribuição da serapilheira na superfície do solo pela cobertura florestal. Na camada superficial (0 – 20 cm) a concentração de P é quase o dobro no solo sob a FS2 quando comparado com o solo sob a REP. A cobertura vegetal com certeza seja o fator determinante da mineralização do nutriente ao solo, uma vez que, ocorre maior deposição de resíduos orgânicos provenientes da diversidade florística presente na FS2 enquanto, na REP ocorre aporte de resíduos na camada superficial apenas da contribuição do gênero *Pinus*, gramíneas e indivíduos de baixo porte da espécie *Cletra scabra*. Por ressonância magnética é possível identificar três grandes grupos de P orgânico, representados por ortofosfatos de minoésteres, ortofosfatos de diésteres e fosfonatos. A estimativa quantitativa do P orgânico atribuiu 26 – 81% desta forma em

relação ao P total utilizando o extrator de Chang e Jackson (1957) citado por Novais e Smyth (1999)<sup>2</sup>. Segundo Cunha et al. (2007) a dinâmica do P orgânico está estreitamente associada à dinâmica da matéria orgânica do solo e, solos altamente intemperizados apresentam o seu conteúdo alterado em decorrência do tipo de cobertura florestal (ZAIA; GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008; RITA et al., 2013).

FIGURA 21 – CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA ± INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

Os valores de P disponível no perfil do solo, com exceção das profundidades 0 – 2,5 e 60 – 80 cm, diferiram estatisticamente entre os tratamentos FS2 e REP. As concentrações no perfil do solo sob a FS2 e REP, respectivamente, variaram de 0,1 a 3,9 mg kg<sup>-1</sup> e 0,1 a 1,5 mg kg<sup>-1</sup>. As baixas concentrações de P obtidas no solo sob a REP são condizentes com o ambiente altamente degradado e de baixa fertilidade natural decorrente da ausência de resíduos orgânicos que promovam a ciclagem de

<sup>2</sup> CHANG, S. C.; JACKSON, N. L. Fractionation of soil phosphorus. **Soil Science**, 84:133-144, 1957.

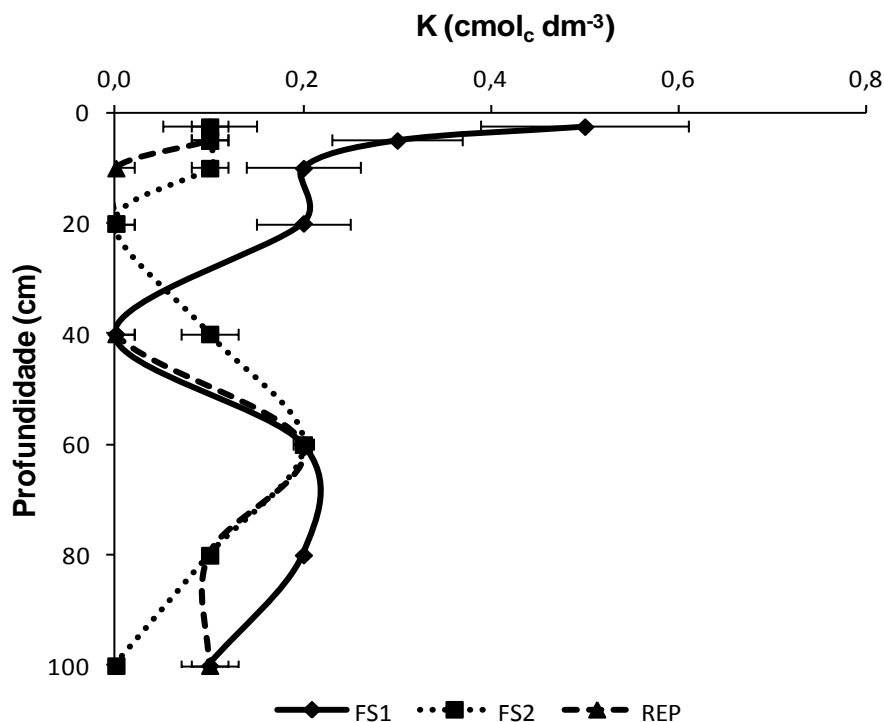
nutrientes nesse ambiente. Fato esse corroborado com pesquisas desenvolvidas com povoamentos do gênero pinus com diferentes idades e espaçamentos entre linhas e plantas, as quais promoveram maior aporte de nutrientes ao solo com concentrações do macronutriente superiores às constatadas no presente estudo (MAFRA et al., 2008; SELLE et al., 2010). Os respectivos autores encontraram valores de P em povoamento de *Pinus taeda* com 12 e 20 anos de idade, respectivamente, entre 0,25 a 4,20 mg kg<sup>-1</sup> e 6,52 a 11,20 mg kg<sup>-1</sup> em Campo Belo do Sul – SC, e em povoamento de *Pinus spp.* concentrações de 1,96 a 5,78 mg dm<sup>-3</sup> na linha, entre linha valores de 2,12 a 4,42 mg dm<sup>-3</sup> e, entre quatro plantas 1,79 a 4,08 mg dm<sup>-3</sup>.

As concentrações médias de P nas camadas superficiais e em subsuperfície, para os três tratamentos analisados, são classificadas como muito baixas (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC, 2004). Esses resultados são corroborados com outras pesquisas que obtiveram concentrações de P consideradas muito baixas (RIGATTO; DEDECK; MATTOS, 2005; BELLOTE; DEDECEK, 2006; SANTOS, 2009; MORALES et al., 2012). Geralmente as concentrações de P, na maioria dos solos, estão indisponíveis e apresentam-se baixas, devido a altas taxas de adsorção do nutriente (COELHO; ALVES, 2003; OSAKI, 2005), reações com óxidos de Fe e Al, bem como com minerais de argila (MELLO et al., 1983).

As maiores concentrações de K, no solo sob a FS1, foram determinadas na camada superficial (0 – 20 cm) com tendência de diminuir as respectivas concentrações em subsuperfície (FIGURA 22).

Com relação ao K no perfil do solo sob os tratamentos FS2 e REP, com exceção das camadas 5,0 – 10; 20 – 40 e 80 – 100 cm, não apresentaram variações ( $p < 0,05$ ) nas concentrações entre os tratamentos e as profundidades. Entretanto, verificaram-se valores médios semelhantes na camada superficial e em subsuperfície para ambos os tratamentos, classificados como muito baixos (SERRAT, KRIEGER e MOTTA, 2006). Resultados esses evidenciando o avançado estágio de intemperismo e intensa lixiviação desses solos.

FIGURA 22 – CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA  $\pm$  INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

Valores médios de K encontrados na camada superficial ( $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) classificado como médio e, em subsuperfície ( $0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) muito baixo (SERRAT, KRIEGER e MOTTA, 2006).

Vashchenko et al. (2007) determinaram valores do macronutriente entre  $0,11$  a  $0,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  até 40 cm de profundidade e, em solo sob a FOM em Tijucas do Sul – PR Osaki (2008) determinou valor médio de  $0,11 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Em fragmento da FOMM localizada em Bituruna – PR Santos (2009) obteve concentração média de  $\text{K}^+$  de  $0,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  até 20 cm de profundidade. Comparando esses resultados obtidos com o resultado encontrado na camada superficial (0 – 20 cm) da presente pesquisa (FS1) pode ser considerado superior, uma vez que, obteve-se concentração média de  $0,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Entretanto, esse valor também pode ser considerado semelhante (OLIVEIRA, 2010). O autor obteve concentração média de  $0,37 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  até 30 cm de profundidade em solo sob Floresta Ombrófila Mista Montana em Irati – PR.



Comportamento semelhante foi verificado para Ca e Mg, no perfil do solo, para os tratamentos FS2 e REP. As maiores concentrações de Ca e Mg foram observadas na camada superficial (0 – 2,5 cm) diminuindo as respectivas concentrações em subsuperfície (FIGURAS 23 e 24 ).

FIGURA 23 – CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA  $\pm$  INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E REGENERAÇÃO DE *Pinus* spp.

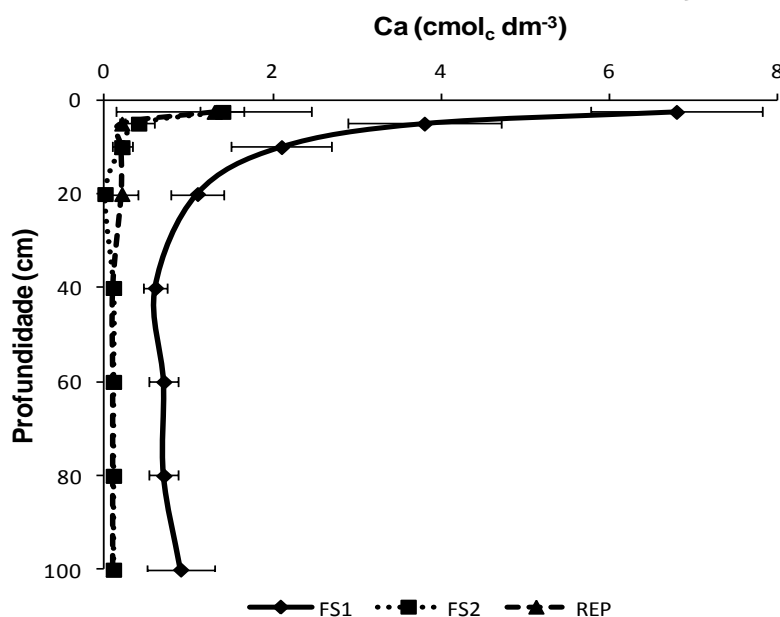
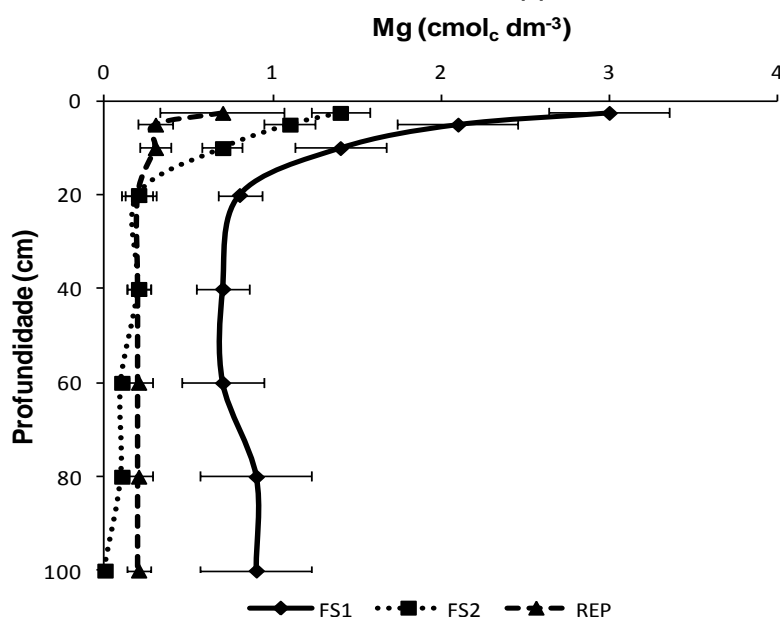


FIGURA 24 – CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA  $\pm$  INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.



Obtiveram-se valores médios semelhantes na camada superficial e em subsuperfície de Ca no solo sob FS2 e REP classificados como baixos. Para o tratamento FS2, valor de Mg considerado médio na camada superficial e baixo em subsuperfície. E no perfil do solo sob a REP concentrações classificadas como baixas (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC, 2004).

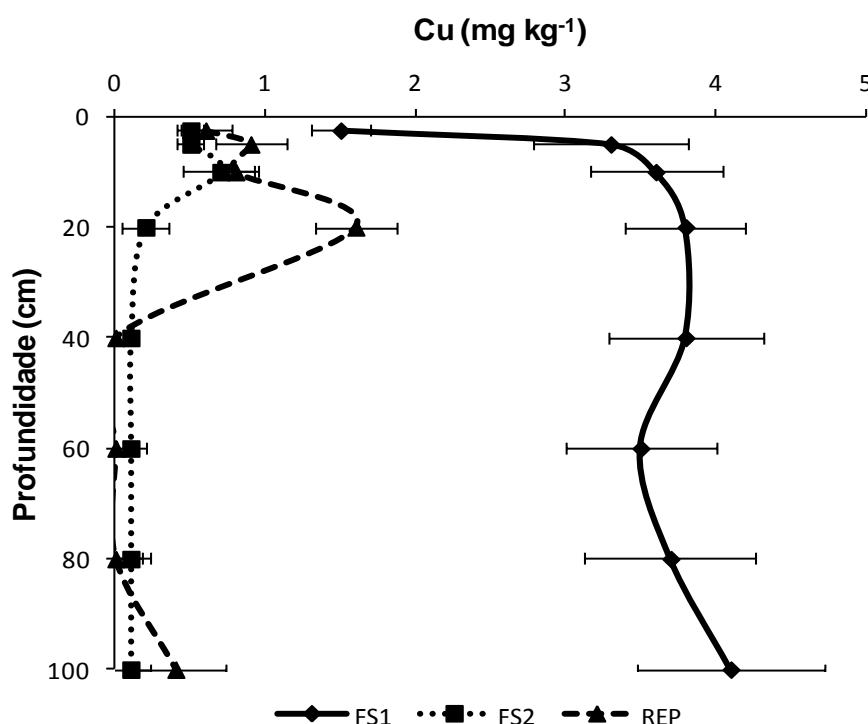
Os valores de Ca e Mg verificados para a Regeneração Espontânea de *Pinus spp.* são concentrações realmente baixas. Entretanto, resultados com concentrações baixas de Ca e Mg, foram constatados, também em pesquisas desenvolvidas com plantio de *Pinus spp.* (RIGATTO; DEDECK; MATTOS, 2005; BELLOTE; DEDECEK, 2006; MAFRA et al., 2008; SELLE et al., 2010). As baixas concentrações de Ca e Mg determinadas nesse tratamento e considerados valores inferiores quando comparados com outras pesquisas desenvolvidas com o gênero pinus, certamente sejam decorrentes da falta da vegetação de cobertura que proporcione a ciclagem de nutrientes nesse ambiente devido ao ambiente encontrar-se exposto e altamente degradado.

As maiores concentrações de Ca e Mg obtidas no solo da FS1 apresentaram diferença significativa para os valores de ambos os macronutrientes na camada superficial (0 até 20 cm). Obtiveram-se concentrações de Ca que variaram no perfil do solo de 0,6 (20 – 40 cm) a 6,8  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (0 – 2,5 cm) e valores de Mg variando de 0,7 (20 – 40; 40 – 60 cm) a 3,0  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (0 – 2,5 cm). Apesar do referido tratamento constar com as maiores concentrações dos macronutrientes, quando comparada à concentração média de cálcio na camada superficial, classifica-se como concentração média e, em subsuperfície como concentração baixa. E valores considerados de Mg como baixos (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC, 2004). A fim de comparar os resultados de Ca e Mg obtidos no solo desse tratamento com outras pesquisas são classificados como superiores (PRIMIERI, 2008; SANTOS, 2009), semelhantes (CALDEIRA, 2003) e inferiores (VASHCHENKO et al., 2007) e as concentrações de Mg inferiores (CALDEIRA, 2003; VASHCHENKO et al., 2007; OSAKI, 2008).

#### 4.5.2.5 Concentração de micronutrientes do solo

As maiores concentrações de Cu foram observadas nas camadas superficiais para o solo sob a FS2 e REP. O oposto foi verificado para FS1, onde as menores concentrações foram verificadas nas camadas superficiais com tendência de aumento dos valores de Cu em subsuperfície (FIGURA 25). Provavelmente as elevadas concentrações do micronutriente nas camadas superficiais (0 – 20 cm) nos tratamentos FS2 e REP possam ser atribuídas a pouca contribuição da matéria orgânica ou especificamente no caso do tratamento REP de maior poder de mobilização do Cu por parte do pinus. Até 20 cm de profundidade constata-se que as concentrações do micronutriente, para o tratamento REP, são superiores e diferem estatisticamente das concentrações da FS2. Possivelmente a espécie *Polytrichadelphus semi-angulatus* (Brid.) Mitt. esteja mobilizando o cobre do solo e tornando disponível para a absorção das plantas.

FIGURA 25 – CONCENTRAÇÃO DE COBRE EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA  $\pm$  INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

As concentrações de Cu obtidas no perfil do solo sob a FS1 foram superiores em relação aos valores encontrados para FS2 e REP. Possivelmente

esse fato seja decorrente do intemperismo de diques de diabásio (MINEROPAR, 2001) que podem ser observados na região e próximo ao local da área de estudo.

A matéria orgânica desempenha função importante na adsorção de micronutrientes do solo interagindo com os compostos orgânicos, adsorvidos na fração mineral e complexado pela matéria orgânica do solo (FURTINI NETO et al., 2001; MOTTA et al., 2007). Geralmente a concentração de cobre no solo é bastante baixa e mais de 98% desse micronutriente na solução do solo está complexada aos compostos orgânicos, os quais são importantes na regulação da mobilidade e disponibilidade do cobre no solo (MENGEL; KIRKBY, 1987).

Os valores obtidos no perfil do solo do tratamento FS1 variaram entre 1,5 (0 – 2,5 cm) a 4,1 mg kg<sup>-1</sup> (80 – 100 cm) e valores médios de 3,1 e 3,8 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para a camada superficial e em subsuperfície classificados como altos (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC, 2004). Na FS2 e na REP, as concentrações de Cu, na camada superficial e, em subsuperfície, respectivamente são classificadas como altas e baixas (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC, 2004).

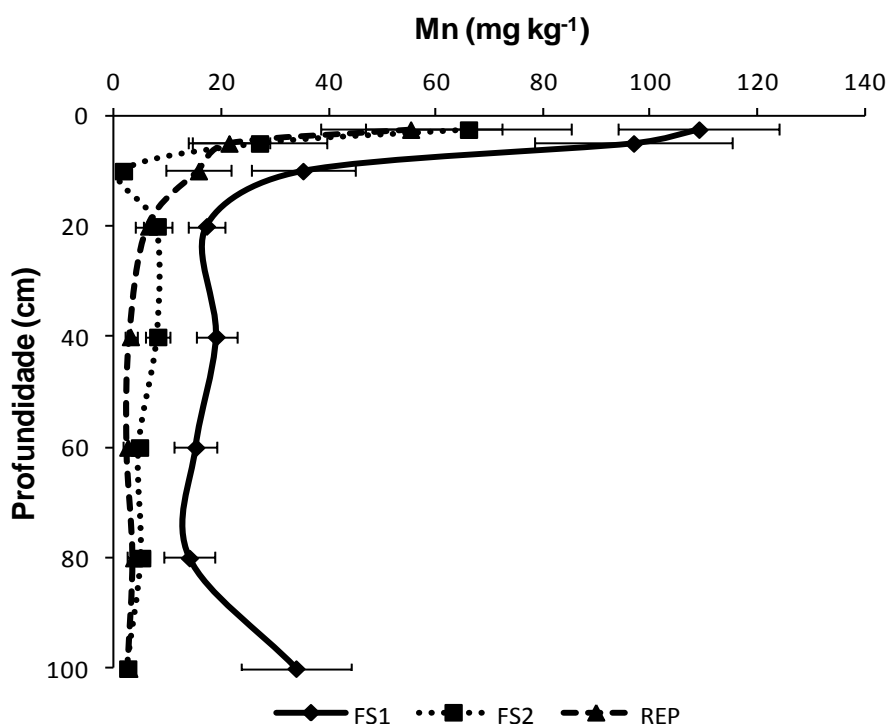
O valor médio encontrado na camada superficial (1,0 mg kg<sup>-1</sup>) no solo para o tratamento REP, quando comparado com outras pesquisas realizadas com o gênero *Pinus*, são considerados semelhantes (Chaves e Correa, 2003) e altos (KASEKER, 2012; WINAGRASKI, 2014). Chaves e Correa (2003) obtiveram valores do micronutriente entre 0,3 (60 – 80 cm) a 1,3 (0 – 5,0 cm) mg kg<sup>-1</sup>; Kaseker (2012) encontrou concentração média de 0,3 mg kg<sup>-1</sup> e Winagraski (2014) determinou concentração de 0,30 mg kg<sup>-1</sup>.

As concentrações de Mn no solo sob os tratamentos analisados apresentaram comportamento semelhante com maiores valores nas camadas superficiais com tendência de diminuir em subsuperfície (FIGURA 26). Ao comparar as concentrações de manganês no perfil do solo sob a FS2 e REP constata-se, com exceção das camadas 5 – 10 e 20 – 40 cm que não houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ) dos valores obtidos entre os tratamentos e as profundidades analisadas. Os valores determinados no perfil do solo variaram de 2,4 (40 – 60 cm) a 55,2 (0 – 2,5 cm) mg kg<sup>-1</sup> no solo sob a REP e de 1,6 (5,0 – 10,0 cm) a 66,0 (0 – 2,5 cm) mg kg<sup>-1</sup> no solo sob a FS2. E concentrações médias do micronutriente determinadas na camada superficial e em subsuperfície dos

tratamentos, respectivamente classificadas como altas e médias (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC, 2004).

As concentrações de Mn no solo sob a FS1 diferiram significativamente dos demais tratamentos em estudo como pode ser observado na FIGURA 26. Os valores determinados no perfil do solo variaram de 13,9 (60 – 80 cm) a 109,0 (0 – 2,5 cm)  $\text{mg kg}^{-1}$  com concentrações médias de 64,5  $\text{mg kg}^{-1}$  (0 – 20 cm) e 20,4  $\text{mg kg}^{-1}$  (20 – 100 cm) compreendidas na interpretação como altas (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC, 2004). Entretanto, níveis de manganês são mais elevados em solos argilosos (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001) sendo, portanto, constatado no referido solo em estudo alto teores de argila e classificado como solo argiloso.

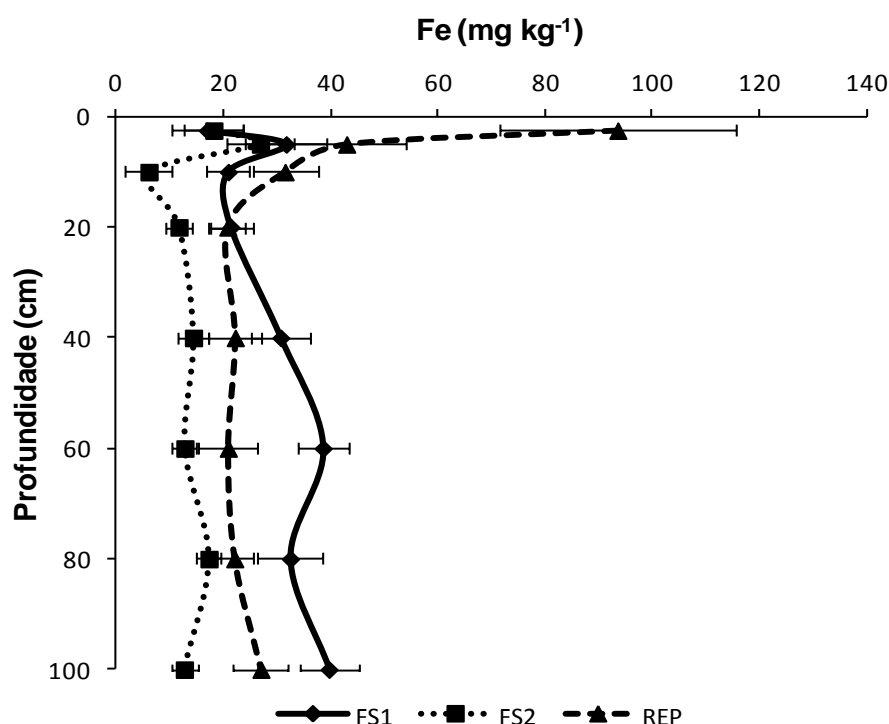
FIGURA 26 – CONCENTRAÇÃO DE MANGANÊS EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA  $\pm$  INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

As concentrações médias de Fe verificadas nos tratamentos FS2 e REP apresentaram comportamento semelhante com maiores valores nas camadas superficiais com tendência de diminuir em subsuperfície. O oposto foi verificado para o tratamento FS1 que apresentou as menores concentrações nas camadas superficiais aumentando as respectivas concentrações em subsuperfície (FIGURA 27). Resultado esse que pode ser justificado pela rápida oxidação do micronutriente, nas camadas superficiais, ao ser liberado da matéria orgânica (SHUMAN; HARGORVE, 1985) diminuindo as concentrações em subsuperfície e na superfície ocorrendo a complexação do ferro pela matéria orgânica. De acordo com Borkert, Pavan e Bataglia (2001) em solos altamente intemperizados os óxidos de Fe acumulam-se como óxidos hidratados na fração argila com concentrações totais variáveis dependendo do material de origem.

FIGURA 27 – CONCENTRAÇÃO DE FERRO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA  $\pm$  INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

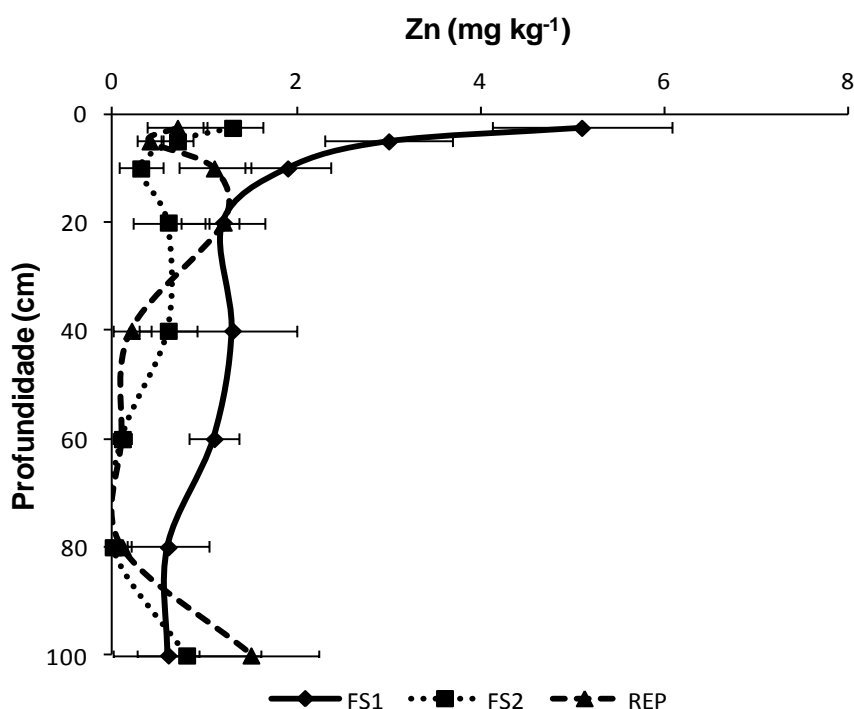
Comparando o micronutriente no solo sob FS2 e REP com exceção das camadas 2,5 – 5,0; 20 – 40 e 60 – 80 cm, constata-se diferença significativa ( $p < 0,05$ )

para as concentrações de Fe no perfil dos respectivos solos. Entretanto, para o solo sob a FS1, com exceção das camadas 0 – 2,5 e 5,0 – 10 cm, as concentrações não apresentaram diferença pelo teste realizado.

No perfil do solo sob a Regeneração Espontânea de *Pinus* spp., as concentrações de Fe variaram de 20,7 (10 – 20 cm) a 93,5 (0 – 2,5 cm)  $\text{mg kg}^{-1}$ , não diferindo estatisticamente, com exceção da profundidade 0 – 2,5 cm, as respectivas concentrações em subsuperfície. Os valores médios desse micronutriente encontrados na camada superficial ( $47,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ) podem ser considerados inferiores (WINAGRASKI, 2014) e superiores (KASEKER, 2012). As respectivas autoras obtiveram, respectivamente, em solo sob *Pinus Taeda* com 5 anos de idade em Jaguariaíva - PR concentração de ferro de  $4,59 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $89,8 \text{ mg kg}^{-1}$  em solo sob povoamento de *Pinus taeda* em Ponta Grossa – PR.

As maiores concentrações de Zn sob o solo da FS1 foram determinadas nas camadas superficiais diminuindo os valores em subsuperfície (FIGURA 28). Entretanto, os valores verificados para os tratamentos FS2 e REP não apresentaram uma tendência das concentrações do micronutriente no perfil do solo.

FIGURA 28 – CONCENTRAÇÃO DE ZINCO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (MÉDIA  $\pm$  INTERVALO DE CONFIANÇA COM  $t_{0,05}$ ) EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO DE *Pinus* spp.



Fonte: Oliva (2015)

Concentrações médias de Zn, para os tratamentos FS2 e REP, são classificadas como altas na camada superficial (0 – 20 cm) e médias em subsuperfície (20 – 100 cm). E valores médios obtidos na camada superficial e em subsuperfície da FS1, respectivamente, 2,8 e 0,9 mg kg<sup>-1</sup> classificados como altos (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC, 2004).

Especialmente para os micronutrientes, mas não menos importante para os macronutrientes, a explicação para os diferentes desenhos dos perfis de profundidade está na dependência de estudos mineralógicos e/ou de fracionamento dos ataques químicos.



## 5 CONCLUSÃO

A regeneração das espécies apresentaram-se dependentes do histórico de ocupação antrópica, sendo que o período transcorrido do impacto antrópico como a estratégia adotada (plantio ou regeneração espontânea) são determinantes sobre a composição e estrutura florística observada atualmente. Os resultados reforçam a premissa de que o estabelecimento da vegetação e de novas espécies em uma área degradada é um processo que depende de fatores ecológicos e físicos do ambiente.

A deposição de serapilheira depositada, para o período analisado, foi de 6,03; 4,02 e 1,60 Mg ha ano<sup>-1</sup>, respectivamente para FS1, FS2 e REP. A variação dos valores de fitomassa encontrada nas florestas secundárias para este estudo é decorrente do grau de perturbação antrópica que as áreas sofreram no passado, em virtude de uma comunidade arbórea diversificada resultando diferentes contribuições de fitomassa nesses ambientes.

O valor total da serapilheira acumulada encontrada nos tratamentos analisados foram: 6408,0; 6635,2 e 1084,8 kg ha, respectivamente para FS1, FS2 e REP. Os horizontes orgânicos presentes nos três tratamentos foram L, F e H. Apesar dos valores de fitomassa encontrados serem muito próximos, verificou-se diferenciação dos horizontes orgânicos no perfil orgânico para as florestas secundárias.

A vegetação apresentou forte influência sobre as concentrações dos atributos químico-físicos para os solos analisados, sendo a magnitude de influência dependente do tipo de cobertura florestal. Os resultados obtidos na presente pesquisa destacam a importância da vegetação para a ciclagem e o equilíbrio do ecossistema, atributos estes fundamentais na manutenção da funcionalidade de ambientes em processo de recuperação.

## REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMINE, S. J. Decomposição e decomposição de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência dos Solos**, Viçosa, v. 27, p. 601-612. 2003.
- ALBUQUERQUE, J. M.; WATZLAWICK, L. F.; MESQUITA, N. S. Efeitos do uso em sistema faxinal na florística e estrutura em duas áreas da Floresta Ombrófila Mista no município de Rebouças, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 323-334, abr./jun. 2011.
- ALMEIDA, E. D. de. Nitrogênio e fósforo no solo de uma floresta de transição Amazônia Cerrado. 91 p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade do Mato Grosso, 2005.
- AMARAL, L. P.; FERREIRA, R. A.; LISBOA, G. S.; LONGHI, S. J.; WATZLAWICK, L. F. Variabilidade espacial do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener em Floresta Ombrófila Mista. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 83-93, mar. 2013.
- AMELUNG, W.; ZECH, W.; ZHANG, X.; FOLLETT, R. F.; TIESSEN, H.; KNOX, E.; FLACH, K. W. Carbon, nitrogen, and sulfur pools in particle-size fractions as influenced by climate. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 62, p. 172-181, 1998.
- ANDRADE, A. G. de; TAVARES, S. R. de L.; COUTINHO, H. L. do C. Contribuição da serapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 23, n. 220, p. 55-63, 2003.
- ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Produção de serrapilheira em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista com sistema de faxinal. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, ano 24, n. 3, p. 489 - 504, set./dez. 2012.
- ANTONELI, V.; FRANCISQUINI, V. M. Influência de alguns dados meteorológicos na produção de serapilheira na FLONA (Floresta Nacional) de Irati – Paraná. **Ambiência Guarapuava**, Guarapuava, v. 10, p. 267-280, 2014. Suplemento.
- BABEL, U. **Moderprofile in Waldern**. Ulmen: Stuttgart, 1972. 120 p.
- BACKES, A.; FERNANDES, A. V.; ZENI, D. J. Produção de folheto em uma floresta com *Araucaria angustifolia* no Sul do Brasil. **Pesquisas - Botânica**, São Leopoldo, n. 50, p. 97-117, 2000.
- BACKES, A.; PRATES, F. L.; VIOLA, M. G. Produção de serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 155 - 160, jan./abr. 2005.
- BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M. V.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade

no Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 59 - 68, jan./jun. 2003.

BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. et al. Fitossociologia do sub-bosque de uma Floresta Ombrófila Mista aluvial, no município de Araucária, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 35-45, 2004.

BARRETO, A. C. LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. dos.; ARAÚJO, Q. R. de.; FREIRE, F.J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga**, Mossoró, v.19, n.4, p.415-425, 2006.

BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A. Atributos físicos e químicos do solo e suas relações com o crescimento e a produtividade do *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 53, p. 21-38, jul./dez. 2006.

BERG, B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soil. **Forestry Ecology Management**, Bayreuth Germany, v.133, p.13-22, 2000.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. (Ed.). **Mapa de solos do estado do Paraná: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas, Embrapa Solos, Instituto Agrônômico do Paraná, 2008. 74 p.

BIANCHIN, J. E. **Aporte de fitomassa e nutrientes em florestas secundárias na Mata Atlântica no litoral do Parana**. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2013.

BIESEK, M. F. **Indicadores químicos e microbiológicos da qualidade do solo em agrossistemas e sistemas nativos na região dos Campos Gerais, Castro – PR**. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BILA, N. **Avaliação da recuperação de área degradada na represa do Iraí, Paraná, por meio de aspectos florísticos e fitossociológicos**. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2012.

BOCHNER, J. K.; FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. de C.; SANTANA, I. K. da S. Matéria orgânica e agregação de um Planossolo sob diferentes coberturas florestais. **Cerne**, Lavras, v. 14, p. 46-53, 2008.

BORKERT, C. M.; PAVAN, M. A.; BATAGLIA, O. C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; VAN RAIJ, B.; ABREU, C. A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq:FAPESP:POTAFOS, 2001. p. 151-185.

BORMAN, F. H.; LIKENS, G. E. The nutrient cycles of na ecosystem. **Scientific American**, v. 223, n. 4, p. 92-101, 1970.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial: plantas para o futuro - Região Sul.** Brasília: MMA, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <[http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/mata\\_atlantica/documentos/relatorio\\_final.pdf](http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/mata_atlantica/documentos/relatorio_final.pdf)>. Acesso em: 07/05/2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Recuperação de Áreas Degradadas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/plano-nacional/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>>. Acesso em: 25/01/2015.

BRAY, J. R.; GHORAN, E. Litter production in forest of the world. **Advances in Ecological Research**, London, v. 2, p. 101-157, 1964.

BRITEZ, R. M.; REISSMAN, C. B.; SILVA, S. M.; SANTOS FILHO, A. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de Araucária, São Mateus do Sul, Paraná. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 766 - 772, 1992.

BRITEZ, R. M.; SANTOS FILHO, A.; REISSMANN, C. B.; SILVA, S. M.; ATHAYDE, S. F.; LIMA, R. X.; QUADROS, R. M. B. Nutrientes no solo de duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 625-634, 1997.

BRUN, E. J. **Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus taeda* e *P. elliottii* em duas regiões do Rio Grande Do Sul.** 119 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

BRUN, E. J.; BRUN, F. G. K.; CORRÊA, R. S.; VACCARO, S.; SCHUMACHER, M. V. Dinâmica de micronutrientes na biomassa florestal em estágios sucessionais de Floresta Estacional Decidual, RS, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 307-318, jun. 2010.

CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná.** 194 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, jan./mar. 2008.

CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, R. D.; KUNZ, S. H.; ZORZANELLI, J. P. F.; CASTRO, K. C.; GODINHO, T. O. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 4, n. 2, p. 111-119, 2013.

CALVI, G. P.; PEREIRA, M. G.; ESPÍNDULA JÚNIOR, A. Produção de serrapilheira e aporte de nutrientes em áreas de floresta atlântica em Santa Maria de Jequitibá, ES. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 131-138, 2009.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997.

CAMARGO, F. A. C.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 117-137.

CAMPOS, M. L.; MARCHI, G.; LIMA, D. M.; SILVA, C. A. Ciclagem de nutrientes em floretas e pastagens. **Boletim Agropecuário**, Lavras, n. 64, 2004.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Brasília: Embrapa-CNPq: Embrapa- SPI, 1994a.

CARVALHO, P. E. R. Ecologia, silvicultura e usos da Uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunberg). **Circular Técnica**, Colombo, n. 23, 1994b.

CARVALHO, P. E. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa, 2003. 640 p.

CARVALHO, J.; AUER, A. M.; SCHORN, L. A.; GOMES, N. S. B.; FRICK, E. C. L. Florística de um remanescente urbano de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Curitiba, Paraná. **Revista Geografar**. Curitiba, v. 9, n. 1, p. 142-158, 2014.

CASTRO, C. F. A.; POGGIANI, F.; NICOLIELO, N. Distribuição da fitomassa e nutrientes em talhões de *Pinus oocarpa* com diferentes idades. **IPEF/ Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 20, p. 61–74, jun. 1980.

CHAVES, R. Q.; CORREA, G. F. Micronutrientes no sistema solo - *Pinus caribaea* Morelet em plantios apresentando amarelecimento das acículas e morte de plantas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 769–778, nov./dez. 2003.

COELHO, A. M.; ALVES, V. M. C. Resposta da cultura do milho à adubação fosfatada. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 102, 2003.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL). Usina Parigot de Souza. Disponível em:

<<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F044b34faa7cc1143032570bd0059aa29%2F08013ddc621f4eed03257412005ed73b>>. Acesso em: 25/05/2015.

CORDEIRO, J.; RODRIGUES, W. A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 545 - 554, 2007.

CORDEIRO, J.; RODERJAN, C. V.; RODRIGUES, W. A. Plantas lenhosas da Floresta Ombrófila Mista do Parque Municipal das Araucárias – Guarapuava (PR). **Ambiência**, Guarapuava, v. 7, n. 3, p. 441 - 460, set./dez. 2011.

CORRÊA, D. R. **Horizontes orgânicos sob floresta Ombrófila Densa no litoral Paranaense**. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

COSTA, A. M.; SOUZA, M. A. S.; SILVA JUNIOR, A. M.; FALQUETO, R. J.; BORGES, E. N. Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos da cerrado. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 2, 2003, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. 2003.

COUTINHO, R. P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; TORRES, A. Q. T. A.; JANTALIA, C. P. Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N<sub>2</sub>O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.45, n.2, p.195-203, fev. 2010.

CUNHA, G. C.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em Floresta Estacional Decidua com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 35 - 64, dez. 1993.

CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; COSTA, G. S.; VELLOSO, A. C. X. Fósforo orgânico em solos sob florestas montanas, pastagens e eucalipto no norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 667-671, jul./ago. 2007.

DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PEREIRA, T. K.; BEHLING, A. Desempenho de métodos e processos de amostragem para avaliação de diversidade em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 4, p. 579 - 582, out./dez. 2013.

DEDECEK, R. A.; FIER, I. S. N.; SPELTZ, R.; LIMA, L. C. S. Influência do sítio no desenvolvimento do *Pinus taeda* L. aos 22 anos: estado nutricional das plantas. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, abr./jun. 2008.

DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Fundação Cargil, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto de Botânica, 1989. p. 88-98.

DENARDIN, R. B. N.; MATTIAS, J. L.; WILDNER, L. P.; NESI, C. N.; SORDI, A.; KOLLING, D. F.; BUSNELLO, F. J.; CERUTTI, T. Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó – SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 59 - 69, jan./mar., 2014.

DIAS, M. C.; VIEIRA, A. O. S.; NAKAJIMA, J. N.; PIMENTA, J. A.; LOBO, P. C. Composição florística e fitossociologia do componente arbóreo das florestas ciliares do rio Iapó, na bacia do rio Tibagi, Tibagi, PR. **Revista brasileira Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 2, 1998.

DICKOW, K. M. C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na floresta atlântica, Antonina, PR.** 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

DICKOW, K. M. C.; MARQUES, R.; PINTO, C. B.; HOEFER, H. Produção de serapilheira em diferentes fases sucessionais de uma floresta tropical secundária, em Antonina, PR. **Cerne**, Lavras, v. 18, p. 75-86, 2012.

DIDHAM, R. K. Altered leaf-litter decomposition rates in tropical forest fragments. **Oecologia**, Berlin, v. 116, p. 397–406, 1998.

DOMINGOS, M.; MORAES, R. M.; VUONO, Y. S.; ANSELMO, C. E. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes em um trecho de Mata Atlântica secundária. na Reserva Biológica de Paranapiacaba, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, p. 91 – 96, jun.1997.

DURIGAN, M. E. **Florística, dinâmica e análise proteica de uma floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR.** 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.

FEARNSIDE, P. M. Estoque e estabilidade do carbono nos solos da Amazônia Brasileira. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. M.; LIMA, H. N.; WOODS, W. **As terras pretas de índio da Amazônia:** sua caracterização e uso desde conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p.259–262.

FERNANDES, A. V.; BACKES, A. Produtividade primária em floresta com *Araucaria angustifolia* no Rio Grande do Sul. **Iheringia**, São Paulo, v. 51, n. 1, p. 63-78, 1998. (Botânica).

FERNANDES, B. Cobertura vegetal do solo. **Manah Informativos**, v. 24, n. 170, p. 1- 6, 2006.

FERREIRA, R. L. C; LIRA JUNIOR, M. de A.; ROCHA, M. S. da; SANTOS, V. F. dos; LIRA, M. de A.; BARRETO, L. P. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 31, n.1, jan./fev. 2007.

FIGUEIREDO FILHO, A; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11 - 18, 2003.

FIGUEIREDO FILHO, A.; SERPE, E. L.; BECKER, M.; SANTOS, D. F. Produção estacional de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Iratí (PR). **Ambiência**, Guarapuava, v. 1, n. 2, p. 259-269, jul./dez. 2005.

FLOSS, P. A.; CALDATO, S. L.; BOHNER, J. A. M. Produção e decomposição de serapilheira na Floresta Ombrófila Mista da reserva florestal da EPAGRI/EMBRAPA de Caçador, SC. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 12, n. 2, p. 19-22, jun./ago.1999.

FORTES, F. O.; DAL'COL LÚCIO, A.; STORCK, L. Plano amostral para coleta de serapilheira na Floresta Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, dez. 2008.

FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The contribution of N<sub>2</sub>-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 29, n. 5/6, p. 897 - 903, mai./jun. 1997.

FREIRE, M.; SCORIZA, R. N.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Influência do clima no aporte de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista montana. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 9, n. 3, 2004.

FREIXO, A. A.; FADIGAS, F. S.; FREIRE, M. O.; BALDANI, V. L. D. Quantificação de microrganismos em solos sob plantio puro de *Pseudosamanea grachapele* (Kunth) Harms e em consórcio com *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden. **Embrapa Comunicado Técnico**, n. 39, p. 1-8, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2012-2013**. São Paulo, 2014. 61p. Relatório Técnico.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, A. E. F.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

GABRIEL, C. E.; KELLMAN, L. Examining moisture and temperature sensitivity of soil organic matter decomposition in a temperate coniferous forest soil. **Biogeosciences Discuss**, Canada, v. 8, p. 1369–1409, 2011.



GALLON, M. M. P. **Um estudo sobre a dinâmica de sistemas complexo a partir de séries temporais de dados microclimáticos para uma floresta de transição no Noroeste do Mato Grosso**. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; RODERJAN, C. V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati – PR. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 19, n. 1/2, p. 30-49, 1989.

GASPERI, A. L.; UHLMANN, A.; SEVEGNANI, L.; LINGNER, D. V.; RIGON-JÚNIOR, M. J.; VERDI, M.; STIVAL-SANTOS, A.; DREVECK, S.; SOBRAL, M.; VIBRANS, A. C. Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: espécies da Floresta Estacional Decidual. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 3, 2013.

GARAY, I.; ANDRADE, F. N.; KINDEL, A. Evolução da serapilheira e da fertilidade do solo em região de Mata Atlântica de tabuleiros: de plantios a mata nativa. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA: ambiente e sociedade, 5., 2001. Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: UFRGS/Centro de Ecologia, 2001. p. 242.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; VILLANI, E. M. A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de Eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1069-1079, 2010.

GERALDI, E. S.; KOEHLER, A. B.; KAUANO, E. E. Levantamento fitossociológico de dois fragmentos da Floresta Ombrófila Mista em Tijucas do Sul, PR. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 27-36, 2005.

GILSA, E. A. V.; HOMCZINSKI, I.; KRUPPEK, R. A. Levantamento florístico e fitossociológico em uma área do Morro Bela Vista, no município de Porto União – SC. **Ambiência Guarapuava**, Guarapuava, v. 10, n. 2, p. 581–596, 2014.

GODINHO, T. de O.; CALDEIRA, M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; VIERA, M. Fertilidade do solo e nutrientes na serapilheira em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 1, n. 3, p. 97-109, set./dez. 2013a.

GODINHO, T. de O.; CALDEIRA, M. V. W.; CALIMAN, J. P.; PREZOTTI, L. C.; WATZLAWICK, L. F.; AZEVEDO, H. C. A.; ROCHA, J. H. T. Biomassa, macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira depositada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 131-144, 2013b.

GOLLEY, F. B. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: EPU: EDUSP, 1975.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I.; DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: EPU: EDUSP, 1978. 256p.

GOMES, M. V. **Estoque de carbono e emissão de gases do efeito estufa em cambissolo sob plantações de *Pinus taeda***. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

GONÇALVES, J. L. M.; MENDES, K. C. F. S.; SASAKI, C. M. Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do Estado de São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 25, p. 601-616, 2001.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Nativas. Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/adubacao.asp>>. Acesso em: 28/01/2015.

HERRERA, H. A. R.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. de. Análise florística e fitossociológica do componente arbóreo da Floresta Ombrófila Mista presente na reserva florestal Embrapa/Epagri, Caçador, Sc – Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 485-500, jul./set. 2009.

HIGUCHI, P.; SILVA, A. C. da.; FERREIRA, T. de. S.; SOUZA, S. T. de.; GOMES, J. P.; SILVA, K. M. da.; SANTOS, K. F. dos.; LINKE, C.; PAULINO, P. da S. Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Lages, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 79-90, 2012.

HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; ALMEIDA, J. A.; BORTOLUZZI, R. L. da C.; MANTOVANI, A.; FERREIRA, T. DE S.; SOUZA, S. T.; GOMES, J. P.; SILVA, K. M. Florística e estrutura do componente arbóreo e análise ambiental de um fragmento de floresta ombrófila mista alto-montana no município de painel, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 153-164, jan./mar., 2013

IMAGUIRE, N. Contribuição ao estudo florístico e ecológico da Fazenda Experimental do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná: o porque da existência dos campos e matas no primeiro e segundo planaltos paranaenses. **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, v. 8/9, p. 42-72, 1980.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em: 25/01/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. (Manuais técnicos em geociências, n. 1)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. ver. ampl. Rio de Janeiro, 2012. 271p.

INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS DO SUL DA BAHIA (IESB). **Levantamento da Cobertura Vegetal Nativa do Bioma Mata Atlântica**. Rio de

Janeiro: IESB, 84p, 2007. Relatório Final do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira, 2004.

ISERNHAGEN, I.; SILVA, S. M.; GALVÃO, F. A. **Fitossociologia Florestal no Paraná Listagem Bibliográfica Comentada**. 175 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2001.

KANIESKI, M. R.; ARAUJO, A. C. B.; LONGHI, S. J. Quantificação da diversidade em Floresta Ombrófila Mista por meio de diferentes Índices Alfa. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 567 - 577, dez. 2010.

KASEKER, J. F. **Composição química de acículas, serapilheira, solos rizosférico e não rizosférico e variabilidade espacial em ensaio de omissão de nutrientes em *Pinus taeda* L.** 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2012.

KLAUBERG, C.; PALUDO, G. F.; BORTOLUZZI, R. S. da C.; MONTOVANI, A. Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense. **Biotemas**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 35-47, 2010.

KLEIN, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**, Itajai, v. 12, p. 17 - 44, 1960.

KLEIN, R.; HATSCHBACK, G. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica de parte dos Municípios de Rio Branco do Sul, Bocaíuva do Sul, Almirante Tamandaré e Colombo (PR). **Boletim da Universidade Federal do Paraná: Geografia Física**, Curitiba, n. 3, p. 1-93, 1962.

KLEINPAUL, J. J.; PEREIRA, R. S.; HENDGES, E. R.; BENEDETTI, A. C. P.; ZORZI, C.; FERRARL, R. Análise multitemporal da cobertura florestal da microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, MS. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 51, p. 171 - 184, 2005.

KOEHLER, W. C. **Variação estacional de deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa-PR**. 1989. 138 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 1989.

KOZERA, C.; DITTRICH, V. A. O.; SILVA, S. M. Composição florística da Floresta Ombrófila Mista Montana do Parque Municipal do Barigüi, Curitiba, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 45 – 58, jan./abr. 2006.

KRAMER, R. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Kalousté Goulbenkian, 1972.

KUNZ, S. H.; MARTINS, S. V.; IVANAUSKAS, N. M.; STEFANELLO, D.; SILVA, E. Fitossociologia de uma área de floresta estacional perenifolia na Fazenda Amoreiras, Querência, MT. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 713-72, 2010.

LAURINDO, M. C. O.; NÓBREGA, L. H. P.; PEREIRA, J. O.; MELO, D.; LAURINDO, E. L. Atributos físicos do solo e teor de carbono orgânico em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17 n. 5, p. 367-374, set./out. 2009.

LEIRÓS, M. C. TRASAR-CEPEDA, C.; SEOANE, S.; GIL-SOTRES, F. Dependence of mineralization of soil organic matter on temperature and moisture. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, p. 327-335, 1999.

LEITÃO FILHO, H. F., PAGANO, S. N., CESAR, O., TIMONI, J. L.; RUEDA, J. J. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão (SP)**. Campinas: Editora da UNESP: Editora da UNICAMP, 1993.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil: proposta de classificação**. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1994.

LIEBSCH, D. **Alterações estruturais e florísticas de florestas secundárias na Reserva Natural do Rio Cachoeira, Antonina-PR**: subsídios para a conservação da Floresta Atlântica. 58 f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

LONGHI, R. V., LONGHI, S. J., CHAMI, L. B., WATZLAWICK, L. F., EBLING, A. A. Produção de serrapilheira e retorno de macronutrientes em três grupos florísticos de uma Floresta Ombrófila Mista, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 699-710, out./dez. 2011.

LONGHI, S. J.; ARAUJO, M. M.; KELLING, M. B.; HOPPE, J. M.; MÜLLER, I.; BORSOI, G. A. Aspectos fitossociológicos de fragmentos de floresta estacional decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 59-74, 2000.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2 ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1998.

LUCHESI, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da Química do Solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2001.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: BRDE/ IBPT/ UFPR, 1968.

MACHADO, P. O. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 239-334, 2005.

MACHADO, S. do A.; ZAMIN, N. T.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; MENEGAZZO, C. S. Comparação dos parâmetros fitossociológicos entre três

estratos de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 365-372, jul./set. 2013.

MAFRA, A. L.; GUEDES, S. F. F.; KLAUBERG FILHO, O.; SANTOS, J. C. P.; ALMEIDA, J. A.; ROSA, J. D. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 217 – 224, mar./abr. 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006.

MALCHOW, E.; KOEHLER, A. B.; NETTO, S. P. Efeito de borda em um trecho da floresta ombrófila mista, em fazenda rio grande, PR. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 85-94, 2006.

MARQUES, R.; MOTTA, A. C. V. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: LIMA, R. M. **Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícola**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2003. p. 81-102.

MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2007.

MARTINS, D.; RODRIGUES, A. L.; CHAVES, C. L.; MANTOVANI, A.; BORTOLUZZI, R. L. da C. Estrutura de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Urupema, Santa Catarina, Brasil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 11, n. 2, p. 126-137, 2012.

MARTINS, F. R. Fitossociologia de florestas no Brasil: um histórico bibliográfico. **Pesquisas**, São Leopoldo, n. 40, p. 103-164, 1989. (Botânica)

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serrapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 405 - 412, set./dez. 1999.

MEDEIROS, M. B.; GUARINO, E. S. G.; SILVA, G. P. **Fitossociologia de um trecho de cerrado *sensu stricto* na bacia do rio Corumbá - Área de influência Direta do Aproveitamento Hidrelétrico Corumbá IV (GO)**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. 21p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 86).

MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; COBRA NETTO, A.; KIEHL, J de C. **Fertilidade do Solo**. São Paulo: Nobel, 1983.

MELO, J. T.; RESCK, D. V. S. **Retorno, ao solo, de nutrientes de serapilheira de pinus no cerrado do Distrito Federal**. Planantina: Embrapa Cerrados, 2002. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 75).

MENDONÇA, L. A. R. **Recursos hídricos da Chapada do Araripe**. 350 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Recursos Hídricos), Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2001.

MENEZES, C. E. G.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; ANJOS, L. H. C.; PAULA, R. R.; SOUZA, M. E. Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 439 - 452, 2010.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987.

MEGURO, M.; VINUIZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes na mata mesófila secundária I: produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, n. 7, p. 11-31, 1979.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2006.

MEYER, L.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L de; SCHORN, L. A.; VIBRANS, A. C.; LINGNER, D. V.; SOBRAL, M. G.; KLEMZ, G.; SCHMIDT, R.; ANASTACIO JUNIOR, C.; BROGNI, E. Fitossociologia do componente arbóreo/arbustivo da Floresta Ombrófila Mista no Estado de Santa Catarina. In: VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L de; LINGNER, D. V. (Ed.). **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: Floresta Ombrófila Mista**. Blumenau: Edifurb, 2013. v. 3, p. 157–189.

MINERAIS DO PARANÁ S/A (MINEROPAR). **Projeto Calcário**: distrito mineiro de Capiru. Curitiba: SEIT, 2001. 1CD-ROM.

MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: **ADUBAÇÃO Verde no Brasil**, Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 64-114.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito do material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 176, p. 411 - 416, 1993.

MOGNON, F.; DALLAGNOL, F.; SANQUETTA, C.; CORTE, A. P.; MAAS, G. Uma década de dinâmica florística e fitossociológica em Floresta Ombrófila Mista Montana no Sul do Paraná. **Revista de estudos ambientais**, Blumenau, v. 14, n. 1, p. 43 - 59, 2012.

MORALES, C. A. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; SAMPIETRO, J. A.; MORALES, B. P.; ALMEIDA, J. A. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em florestas de *Pinus Taeda*. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 8, n. 4, 2012.

MORAES, L. F. D.; ASSUMPÇÃO, J. M.; LUCHIARI, C.; PEREIRA, T. S. Plantio de espécies arbóreas nativas para a restauração ecológica na reserva biológica Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 3, p.477-489, 2006

MORO, R. S.; MILAN, E.; MORO, R. F. Biodiversidade do Estrato Herbáceo-Arbustivo em Capões no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, PR. **BioBrasil Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 102 - 112, 2012.

MOTTA, A. C. V.; SERRAT, B. M.; REISSMANN, C. B. DIONÍSIO, J. A. **Micronutrientes na rocha, no solo e na planta**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2007.

NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 105 - 119, 2001.

NEGRELLE, R. A. B.; SILVA, F. C. Fitossociologia de um trecho de floresta com Araucária angustifolia (Bert.) O. Ktze. no município de Caçador - SC. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.24/25, p. 37 – 54, jan./dez. 1992.

NEGRINI, M.; AGUIAR, M. D.; VIEIRA, C. T.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P. Dispersão, distribuição espacial e estratificação vertical da comunidade arbórea em um fragmento florestal no planalto catarinense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 919 – 929, 2012.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. I. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV: DPS, 1999. 399 p.

OADES, J. M. The retention of organic matter in soils. **Biogeochemistry**, v. 5, p. 35-70, 1988.

ODUM, E. P. The strategy of ecosystem development. **Science**, v. 164, p. 262-270, 1988.

OLIVEIRA, L. P. **Carbono e nutrientes no solo e na serapilheira em Floresta Ombrófila Mista Montana e plantio de *Pinus elliottii* engelm.** 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade do Centro-Oeste, Irati, 2010.

OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Levantamento da estrutura horizontal de uma mata de araucária no primeiro planalto paranaense. **Bol. Pesq. Florestal**, Colombo, n. 4, p. 1-45, 1982.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (FAO). Scarcity and degradation of land and water: growing threat to food security. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/pt/item/95153/icode/>>. Acesso em: 27/01/2015.

OSAKI, F. **Olericultura integrada: desafios da olericultura moderna, alternativas e soluções para o cultivo de hortaliças**. Curitiba, 2005. 516p.

OSAKI, F. **Distribuição espacial de microrganismos e fertilidade em solos de dois ecossistemas florestais: Floresta Ombrófila Mista e povoamento florestal com *Pinus taeda* L. em Tijucas do Sul - PR**. 281 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

PAGANO, S. N. Nutrientes minerais no folheto produzido em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 49, p. 641-647, 1989.

PARROTTA, J. A.; KNOWLES, O. H.; WUNDERLE JUNIOR, J. M. Development of floristic diversity in 10- year-old restoration forests on bauxite mined site in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.99, p. 21-42, 1997.

PERKIN-ELMER. **Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry**. Norwalk, 1976.

PILLON, C. N.; POTES, M.; MORAES, C. da S.; CRUZ, L. E. C. da. **Avaliação da matéria orgânica do solo**: cuidados e interpretação. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 19 p. (Documentos, n. 130).

PIMENTEL, A.; PUTTON, V.; WATZLAWICK, L. F.; VALÉRIO, A. F.; SAUERESSIG, D. Fitossociologia do sub-bosque do parque ambiental Rubens Dallegre, Irati, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, jul./set. 2008.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de Floresta Estacional Semidecidual na reserva florestal mata do paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 653–663, 2009.

PIOVESAN, G.; SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; LOPES, V. G.; WELTER, C. Deposição de serapilheira em povoamento de pinus. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 206-211, abr./jun. 2012.

PIRES, P. T. L.; ZENI JUNIOR, D. M.; GAULKE, D. As unidades de conservação e a floresta ombrófila mista no estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 589 - 603, jul./set. 2012.

PIROLI, E. L.; NASCIMENTO, A. R. T. Análise florística e estrutura fitossociológica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no município de Sertão – RS. **Ambiência Guarapuava**, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 91-103, jan./abr. 2008.

PLATTE, E. B. **Aplicação de lama de cal em solo de floresta de *Pinus taeda* e seus efeitos sobre a microbiota do solo e biodegradabilidade da serapilheira**. 97 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

POGGIANI, F. Nutrient cycling Eucalyptus and Pinus plantation ecosystems: silvicultural implications. In: WORKSHOP ON BIOCHEMISTRY OF RAIN FORESTS: PROBLEMS FOR RESEARCH, 1987, Piracicaba. **Proceedings...** Piracicaba: CENA, 1987. p. 39-46.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 287-308.



PORTES, M. C. G. O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhagava- PR. **Revista Floresta**, Viçosa, v. 26, n. 1/2, p. 3-10, 1996.

PRIMIERY, S. **O impacto da mudança no uso do solo sobre o sequestro de carbono e seus atributos microbiológicos**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

PROCTOR, J. Tropical Forest litterfall. I. Problems of data comparison. In: SUTTON, S. L.; WHITMORE, T. C.; CHADWICK, A. C. **Tropical rain forest: ecology and management**. Oxford: Blackwell Scientific, 1983. p. 267 – 273.

REICHMANN NETO, F. **Recomposição vegetal com espécies florestais e forrageiras em áreas de empréstimo da Hidrelétrica Governador Parigot de Souza**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1981.

REIS, A.; ZAMBONIN, R.; NAKAZONO, E. M. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 1999. (Cadernos da Biosfera, n. 14).

REISSMANN, C. B. Morfologia dos horizontes de humus em florestas de coníferas exóticas no Sul do Brasil. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 5, p. 11 - 16, 1983.

REISSMANN, C. B. ; NEVES, E. J. M. ; QUADROS, R. M. B. ; NGUYEN, P. . Dynamics Of The Forest Floor Under A 16 Year Old Loblolly Pine Forest Growing On A Scalped Site In South Brazil. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY - 89th Meeting, 1997. Anaheim, California USA. **Anais...** Anaheim, California USA, 1997. v. 01, p. 290-290.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Nutricional Aspects of Pine Plantation. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Org). **Forest Nutrition and Fertilization**. 2. ed. Piracicaba: Centro de Estudos Vida & Consciência, 2004. v. 1, p. 142-170.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATTOS, J. L. M. Influência dos atributos do solo sobre a produtividade e a qualidade da madeira de *Pinus taeda*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 701 - 709, 2005.

RITA, J. C. O.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; ZAIA, F. C.; NUNES, D. A. D. Mineralization of organic phosphorus in soil size fractions under different vegetation covers in the north of Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 1207-1215, set./out. 2013.

ROCHA, A. A. **Deposição de fitomassa e nutrientes, acumulação e decomposição de serapilheira em três tipologias da Floresta Atlântica**,

**Paranaguá, PR.** 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

RODE, R; FIGUEIREDO FILHO, A; GALVÃO, F; AMARAL, M., S. Comparação florística entre uma Floresta Ombrófila Mista e uma vegetação arbórea estabelecida sob um povoamento de *Araucaria angustifolia* de 60 anos. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 101 – 115, jan./mar. 2009.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 75-92, 2002.

RODRIGUES, V. A. **Manejo da seringueira Hevea brasiliensis Muell. Arg. e seus efeitos na produção de látex e na conservação da microbacia do córrego da Barra Grande.** 113 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de Florestas Ciliares. In RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação.** 3. ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2004. p. 235-247.

RONDON NETO, R. M.; WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHOENINGER, E. R. Análise florística e estrutural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, situado em Criúva, RS – Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 29-37, 2002.

ROSEIRA, D. S. **Composição Florística e Estrutura Fitossociológica do Bosque com Araucária angustifolia (Bert.) O.Ktze no Parque Estadual João Paulo II, Curitiba – PR.** 11 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

SABBI, L. de B.; ÂNGELO, A. C.; BOEGER, M. R. Influência da luminosidade nos aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) implantadas em duas áreas com diferentes graus de sucessão, nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **IHERINGIA**, Porto Alegre, v. 65, n. 2, p. 171-181, dez. 2010. (Botânica).

SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. **As florestas e o carbono.** Curitiba: FUPEF: Imprensa da UFPR, 2002. p. 119-140.

SANTOS, B. do C.; RANGEL, L. A.; CASTRO JUNIOR, E de. Estoque de Matéria Orgânica na Superfície do Solo em Fragmentos Florestais de Mata Atlântica na APA de Petrópolis-RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 3, p. 266-274, jul./set. 2011.

SANTOS, C. S.; CHIOSSI, R. Y.; AVILA, A. L.; I GASPARIN, E. Levantamento florístico e fitossociológico de um fragmento florestal no município de Faxinal dos Guedes, SC. **Unoesc & Ciência**, Joaçaba, v. 3, n. 1, p. 7-22, jan./jun. 2012.

SANTOS, G. A.; GAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. 491p.

SANTOS, S. C. L. **Avaliação comparativa entre sistema agroflorestal com erva-mate e fragmento de Floresta Ombrófila Mista quanto à fitossociologia, parâmetros químicos e físicos do solo e ciclagem de nutrientes**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SAWCZUK, A. R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; WATZLAWICK, L. F.; STEPKA, T. F. Alterações na estrutura e na diversidade florística no período 2002-2008 de uma Floresta Ombrófila Mista Montana do centro-sul do Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 1 - 10, jan./mar. 2012.

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, C. R.; LONGHI, S. J. Modificações florístico-estruturais de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Montana no período entre 1979 e 2000. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 271 - 291, 2006.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; HERNANDES, J. I.; KÖNIG, F. G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze no município de Pinhal Grande - RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, p. 29 - 37, 2004.

SEGER, C. D., DLUGOSZ, F. L., KURASZ, G., MARTINEZ, D. T., RONCONI, E., MELO, L. A. N., BITTENCOURT, S. M., BRAND, M. A., CARNIATTO, I., GALVÃO, F., RODERJAN, C. V. Levantamento florístico e análise fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista localizado no município de Pinhais, Paraná - Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 291 - 302, mai./ago. 2005.

SELLE, G. L.; VUADEN, E.; MURARI, A. B.; HACK, C.; FARIAS, J. A.; THOMAS, R. Biomassa radicular, densidade do solo e análise química do solo de um povoamento de *Pinus* sp. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, n. 1, p. 61-74, jan./abr. 2010.

SERRAT, B. M.; KRIEGER, K. I.; MOTTA, A. C. V. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). In: LIMA, M. R. **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR, 2006. p. 125-142.

SHEPHERD, G. J. **Fitopac 2.1**: manual do usuário. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011. 88p.

SHUMAN, L. M.; HARGROVE, W. L. Effect of tillage on the distribution of manganese, copper, iron, and zinc in soil fractions. **Soil Science Society of America Journal**, United States, v. 49, p. 1117-1121, set. 1985.

SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P. ; ABREU JUNIOR, J. S. . Métodos de Quantificação da Matéria Orgânica do Solo. **Revista da Universidade de Alfenas**, Alfenas, MG, v. 5, n. 1, p. 21-26, 1999.

SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; AGUIAR, M. D.; NEGRINI, M.; FERT-NETO, J.; HESS, A. F. Relações florísticas e fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Mista Montana secundária em Lages, Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 193 - 206, 2012.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p.63-90.

SILVA, M. M; GANADE, G. M. S; BACKES, A. Regeneração natural em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista, na floresta nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, São Leopoldo, n. 61, p. 259-278, 2010. ( Botânica).

SIMEPAR. Instituto Tecnológico Simepar. Dados da Estação Meteorologica de Pinhais de 2011- 2014. Curitiba – Paraná- Brasil, 2014.

SOUSA, S. G. A.; RODERJAN, C. V.; BARDDAL, M. L.; SANTOS, G. P. Vegetação arbórea do sub-bosque de uma floresta ripária do rio Barigui, Araucária Paraná. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 53., 2002, Recife. **Resumos...** Recife: SBB/SRP/UFRPE/UFPE, 2002.

SOUZA, J. A.; DAVID, A. C. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scrabella*) eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 101 - 113, 2001.

SOUZA, K.; FAXINA, T. C.; SILVA, J. O da; DIAS, R. A. R.; SILVA, A. C. da; HIGUCHI, P. Análise fitossociológica de trilha ecológica em Floresta Ombrófila Mista. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 13, n. 3, p. 266-274, 2014.

SOUZA, M. K. F. Caracterização florística estrutural de um fragmento da Floresta Ombrófila Mista, em Curitiba, PR, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 1, p. 3 - 16, jan./jun. 2002.

SOUZA, R. P. M.; SOUZA, V. de C.; POLISEL, R. T.; IVANAUSKAS, N. M. Estrutura e aspectos da regeneração natural de Floresta Ombrófila Mista no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 387-407, 2012.

SPERANDIO, H. V.; CECÍLIO, R. A.; SILVA, V. H.; LEAL, G. F.; BRINATE, I. B.; CALDEIRA, M. V. W. Emprego da serapilheira acumulada na avaliação de sistemas de restauração florestal em Alegre - ES. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 460–467, 2012.

STEEL, R. G. D., TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1980.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkeley: University of California Press, p. 66-117, 1979.

SWITZER, G.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). Plantation Ecosystems: the first twenty years. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 36, p. 143 -147, 1972.

TÉO, S. J.; SCHNEIDER, C. R.; FIORENTIN; L. D.; COSTA, R. H. da. Comparação de métodos de amostragem em fragmentos de floresta ombrófila mista, em lebon régis, SC. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 393 - 402, jul./set. 2014.

TOY, T. J.; FOSTER, G. R.; RENARD, K. G. **Soil erosion**: processes, prediction, measurement, and control. New York: John Wiley, 2002. 338p.

TREVISAN, E. **Classificação e Caracterização de Subhorizontes Orgânicos sob povoamentos de *Pinus taeda* L. na Região de Ponta Grossa - PR**. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

TURCHETTO, F.; FORTES, F. de. O. Aporte e decomposição de serapilheira em Floresta Estacional Decidual na região do Alto Uruguai. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 34, n. 80, 2014.

VALCARCEL, R.; SILVA, Z. S. Eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1/2, p. 101-114, 1997.

VALCARCEL, R.; D'ALTÉRIO, C. F. Medidas físico-biológicas de recuperação de áreas degradadas: avaliação das modificações edáficas e fitossociológicas. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 68 – 88, 1998.

VALÉRIO, A. F.; WATSLAWICK, L. F.; SAUERESSIG, D.; PUTON, V.; PIMENTEL, A. Análise da composição florística e da estrutura horizontal de uma Floresta Ombrófila Mista Montana, Município de Irati, PR – Brasil. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 137 - 147, abr./jun. 2008.

VASHCHENKO, Y.; PIOVESAN, R. P.; LIMA, M. R.; FAVARETTO, N. Solos e vegetação dos Picos Camacua, Camapuã e Tucum – Campina Grande do Sul –PR. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 411 - 419, 2007.

VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 58, p. 175 - 180, 1994.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 743-755, 2009.

VIERA M. et al. Deposição de serapilheira em um povoamento de *Pinus taeda* L. no estado do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, 4., 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 2006.

VIERA, M.; CALDATO, S. L.; ROSA, S. F.; KANIESKI, M. R.; ARALDI, D. B.; SANTOS, S. R. Nutrientes na serapilheira em um fragmento de floresta estacional decidual, Itaara, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 611 – 619, 2010.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Variação mensal da deposição de serapilheira em povoamento de *Pinus taeda* L. em área de campo nativo em Cambará do Sul-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 487-494, 2010.

VIGILIATO, G. R.; ZAMPAR, R. Susceptibilidade das zonas de recuperação de uma unidade de conservação à invasão biológica por espécies arbóreas exóticas. **SaBios: Revista de Saúde & Biologia, Campo Mourão**, v. 6, n. 3, p. 25 - 37, set./dez. 2011.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793 - 800, nov./dez. 2004.

VITOUSEK, P. M.; SANFORD, R. L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v. 17, p. 137-167, 1986.

WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R.; VALERIO, A. F.; SILVESTRE, R. Caracterização da composição e estrutura de uma floresta ombrófila mista, no município General Carneiro (PR). **Ambiência**, Guarapuava, v. 1, n. 2, p. 229 - 237, jul./dez.2005.

WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; GODINHO, T. O.; BALBINOT, R. Estoque de biomassa e carbono na Floresta Ombrófila Mista Montana Paraná. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 353-362, set. 2012.

WINAGRASKI, E. **Dinâmica de ectomicorrizas em um plantio adulto de *Pinus taeda* submetido a adubação e calagem no município de Jaguariaíva, PR**. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

WISNIEWSKI, C; REISSMANN, C.B. Deposição de serrapilheira e nutrientes em plantios de *Pinus taeda* L. na região de Ponta Grossa, PR. **Arq. Biol. Technol.**, v. 39, n. 2, p. 435-442, 1996.

WISNIEWSKI, C.; RIBAS, M. E.; KRIEGER, A.; CURSIO, G. Produção e decomposição da serapilheira e deposição de nutrientes em um trecho de uma Floresta Ombrófila Mista sobre Latossolo Vermelho-escuro, no segundo planalto paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Formas de fósforo no solo sob leguminosas florestais, floresta secundária e pastagem no Norte

Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1191-1197, 2008.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Eucalypt plantation effects on organic carbon and aggregation of three different-textured soils in Brazil. **Soil Research**, Rome, v. 49, p. 614-624, nov. 2011.

## ANEXO 1 – FITOMASSA TOTAL MENSAL E ANUAL PARA AS ESPÉCIES DEPOSITADAS NA FS1

(continua)

ESPÉCIES	2012									2013			TOTAL MENSAI
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	
	----- Mg ha -----												Mg ha
1 <i>Allophylus edulis</i>	0,03	0,01	0,02	0,04	0,05	0,09	0,06	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,43
3 <i>Baccharis oreophila</i> Malme	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
4 <i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
5 <i>Casearia lasiophylla</i> Eicher.	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
6 <i>Casearia sylvestris</i> Swartz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,06
7 <i>Clethra scabra</i>	0,08	0,03	0,05	0,06	0,06	0,25	0,36	0,22	0,04	0,02	0,03	0,03	1,23
9 <i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
10 <i>Eugenia uniflora</i> L.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
15 <i>Lamanonia ternata</i> Vell.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11
16 <i>Machaerium paraguariense</i> Hassl	0,02	0,08	0,05	0,04	0,01	0,10	0,01	0,02	0,06	0,02	0,01	0,01	0,43
18 <i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
20 <i>Maytenus gonoclada</i> Martius	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05
21 <i>Miconia sellowiana</i> Naudin	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,18
22 <i>Myrcia hatschbachii</i> D. Legrand	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03
23 <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,04	0,03	0,05	0,01	0,03	0,02	0,27
24 <i>Myrsine ferruginea</i> Spreng.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,14
25 <i>Myrsine umbellata</i> Mart.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
27 <i>Nectandra lanceolata</i> Nees	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,05	0,06	0,10	0,10	0,05	0,02	0,51
28 <i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
31 <i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
34 <i>Prunus sellowii</i> Koehne	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,14	0,05	0,01	0,05	0,07	0,48
35 <i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,14
36 <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	0,04	0,01	0,03	0,02	0,02	0,06	0,05	0,08	0,21	0,07	0,04	0,05	0,67
37 <i>Senna multijuga</i> (Rich.)	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13





## ANEXO 2 – FITOMASSA TOTAL MENSAL E ANUAL PARA AS ESPÉCIES DEPOSITADAS NA FS2

ESPÉCIES	2012										2013		TOTAL ANUAL
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	
	----- Mg ha -----												Mg ha
1 <i>Allophylus edulis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,05
2 <i>Baccharis oreophila</i> Malme	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
3 <i>Baccharis oreophila</i> Malme	0,07	0,06	0,06	0,08	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,09	0,08	1,04
5 <i>Casearia lasiophylla</i> Eicher.	0,00	0,01	0,01	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
6 <i>Casearia sylvestris</i> Swartz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
7 <i>Clethra scabra</i>	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,08	0,15	0,10	0,02	0,02	0,01	0,01	0,46
9 <i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03
14 <i>Ilex microdonta</i> Reissek	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
16 <i>Machaerium paraguariense</i> Hassl	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
20 <i>Maytenus gonoclada</i> Martius	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
21 <i>Miconia sellowiana</i> Naudin	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06
23 <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	0,05	0,01	0,01	0,01	0,02	0,06	0,11	0,10	0,10	0,10	0,05	0,02	0,65
24 <i>Myrsine ferruginea</i> Spreng.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
25 <i>Myrsine umbellata</i> Mart.	0,06	0,05	0,03	0,05	0,07	0,11	0,13	0,08	0,03	0,03	0,04	0,04	0,72
26 <i>Myrsine umbellata</i> Mart.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
27 <i>Nectandra lanceolata</i> Nees	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,09
30 <i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
33 <i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,12	0,02	0,02	0,01	0,01	0,23
34 <i>Prunus sellowii</i> Koehne	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,06
35 <i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,04
36 <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,05
37 <i>Senna multijuga</i> (Rich.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
41 <i>Symplocos tenuifolia</i> Brand.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
42 <i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
43 <i>Vernonia discolor</i>	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,20
<b>TOTAL ANUAL</b>													<b>4,02</b>

Fonte: Oliva (2015)

ANEXO 3 – FITOMASSA TOTAL MENSAL E ANUAL DEPOSITADA EM POVOAMENTO ESPONTÂNEO DE *Pinus* spp.

FRAÇÃO	2012									2013			TOTAL ANUAL
	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	
----- Mg ha -----													
Acículas	0,14	0,16	0,12	0,12	0,04	0,06	0,06	0,07	0,15	0,13	0,32	0,24	1,62

Fonte: Oliva (2015)

ANEXO 4 – VALORES DE DENSIDADE ( $\text{g cm}^{-3}$ ) EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FS1

PROFUNDIDADE	PERFIL 1			PERFIL 2		
	REP 1	REP 2	REP 3	REP 1	REP 2	REP 3
0 - 5	0,75	0,77	0,72	0,92	0,88	0,86
5 - 10	0,76	0,76	0,83	0,85	0,95	0,93
10 - 20	0,98	0,89	1,05	1,24	1,15	1,25
20 - 40	1,15	1,08	1,14	1,24	1,20	1,27
40 - 100	1,12	1,18	1,09	1,19	1,21	1,27

ANEXO 5 – VALORES DE DENSIDADE ( $\text{g cm}^{-3}$ ) EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB FS2

Profundidade	PERFIL 1			PERFIL 2		
	REP 1	REP 2	REP 3	REP 1	REP 2	REP 3
0 a 7	0,65	0,84	0,48	0,77	0,67	0,86
7 a 15	0,88	0,90	0,81	1,06	1,06	1,02
15 a 40	1,14	0,94	1,17	1,22	1,18	1,20
40 a 80	1,25	1,20	1,18	1,16	1,23	1,10
80 a 100	1,23	1,41	1,04	1,15	1,11	1,15

ANEXO 6 – VALORES DE DENSIDADE ( $\text{g cm}^{-3}$ ) EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM SOLOS SOB REP

Profundidade	PERFIL 1			PERFIL 2		
	REP 1	REP 2	REP 3	REP 1	REP 2	REP 3
0 - 10	1,04	1,02	1,19	1,00	1,12	1,16
10 - 20	-	-	-	1,07	1,09	1,28
10 - 40	1,16	1,19	1,42	-	-	-
20 - 40	-	-	-	1,06	0,90	1,12
40 - 80	1,24	1,23	1,35	1,11	1,08	0,90
80 - 100	1,13	1,24	1,16	0,97	1,10	1,12

Fonte: Oliva (2015)

ANEXO 7 – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA EM DIFERENTES PROFUNDIDADES, EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E POVOAMENTO ESPONTÂNEO DE *Pinus* spp. (MÉDIA DE 6 REPETIÇÕES)

Profundidade	FS1			Profundidade	FS2			Profundidade	REP		
	Argila	Silte	Areia		Argila	Silte	Areia		Argila	Silte	Areia
	----- g kg <sup>-1</sup> -----										
0 - 5	413	300	288	0 - 7	201	413	388	0 - 10	226	394	382
5 - 10	426	313	263	7 - 15	226	400	376	10 - 20	213	388	401
10 - 20	426	394	182	15 - 40	163	313	526	20 - 40	226	382	394
20 - 40	738	150	113	40 - 80	176	413	413	40 - 80	213	400	388
40 - 100	638	225	138	80 - 100	151	375	476	80 - 100	176	388	438
MÉDIA	528	276	197		183	383	436		211	390	400

Fonte: Oliva (2015)

**ANEXO 8 - CONCENTRAÇÃO E ESTOQUE DE COT E NT, EM DIFERENTES PROFUNDIDADES, EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E REGENERAÇÃO ESPONTÂNEA DE *Pinus* spp. (MÉDIA DE 20 REPETIÇÕES)**

Tratamento	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP
Profundidade (cm)	COT			NT			C/N			Estoque de COT			Estoque de NT		
	g kg <sup>-1</sup>						%			Mg ha <sup>-1</sup>					
0,0 - 2,5	66,8 (±8,07)Aa	48,6 (±2,02)Ba	14,3 (±1,31)Ca	8,0 (±0,70)Aa	5,4 (±5,15)Aa	0,4 (±0,06)Aa	8,3	9,0	35,8	13,7	8,6	3,90	1,6	1,0	0,1
2,5 - 5,0	32,8 (±7,15)Ab	29,7 (±2,50)Ab	6,8 (±1,18)Bb	2,7 (±2,25)Ab	4,0 (±5,15)Aa	0,2 (±0,04)Ab	12,1	7,4	34,0	6,7	5,3	1,85	0,6	0,7	0,0
5,0 - 10,0	19,4 (±2,23)Ac	12,2 (±1,36)Bc	6,0 (±1,05)Cb	1,5 (±0,39)Ab	2,0 (±2,52)Aa	0,1 (±0,04)Ab	12,9	6,1	60,0	8,1	5,9	3,25	0,6	1,0	0,1
10,0 - 20,0	8,7 (±1,40)Ad	6,3 (±1,23)Ad	6,2 (±1,05)Ab	0,7 (±0,23)Ac	1,4 (±1,86)Aa	0,1 (±0,01)Bb	12,4	4,5	62,0	9,6	7,2	6,30	0,7	1,6	0,1
20,0 - 40,0	5,7 (±1,14)Ae	4,9 (±1,40)Ad	5,7 (±1,05)Ab	0,2 (±0,13)Bc	1,1 (±0,46)Aa	0,2 (±0,24)Bb	28,5	4,5	28,5	13,6	11,2	12,40	0,4	2,5	0,5
40,0 - 60,0	10,9 (±1,75)Ad	6,0 (±1,23)Bd	5,7 (±0,96)Bb	0,1 (±0,16)Bc	0,9 (±0,14)Aa	0,1 (±0,07)Bb	109,0	6,6	57,0	25,6	14,2	13,00	0,2	2,2	0,3
60,0 - 80,0	9,8 (±2,19)Ad	5,2 (±0,88)Bd	5,7 (±0,96)Bb	0,1 (±0,19)Bc	0,9 (±0,16)Aa	0,2 (±0,32)Bb	98,0	5,8	28,5	23,0	12,4	13,20	0,2	2,1	0,6
80,0 - 100	8,8 (±1,75)Ad	3,2 (±0,74)Cd	5,5 (±1,05)Bb	0,1 (±0,18)Bc	0,9 (±0,06)Aa	0,1 (±0,11)Bb	88,0	3,6	55,0	20,6	7,6	12,00	0,1	2,1	0,3
MÉDIA (0 - 20 cm)	31,9	24,2	8,3	3,2	3,2	0,2	11,4	6,8	48,0	38,1	27,0	15,3	3,5	4,3	0,3
MÉDIA (20 – 100 cm)	8,8	4,8	5,6	0,1	1,0	0,2	80,9	5,1	42,3	82,8	45,4	50,6	0,9	9,0	1,6

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo intervalo de confiança de 95%.

Fonte: Oliva (2015)

**ANEXO 9 – CONCENTRAÇÃO DE pH CaCl<sub>2</sub>, Al e H+Al, EM DIFERENTES PROFUNDIDADES, EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E REGENERAÇÃO ESPONTÂNEA DE *Pinus spp.* (MÉDIA DE 20 REPETIÇÕES)**

Tratamento	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP
Profundidade (cm)	pH CaCl2			Al			H+Al		
	CaCl <sub>2</sub> 0,01 mol/L (1:2,5)			----- cmolc dm <sup>3</sup> -----					
0,0 - 2,5	5,1 (±0,25)Aa	4,0 (±0,18)Ba	4,0 (±0,06)Ba	0,5 (±0,26)Ba	0,6 (±0,22)Bb	1,2 (±0,37)Aa	4,2 (±0,25)Cf	5,5 (±0,18)Aa	4,6 (±0,06)Bb
2,5 - 5,0	4,6 (±0,23)Ab	3,8 (±0,10)Ca	4,0 (±0,07)Ba	0,5 (±0,25)Ba	1,4 (±0,27)Aa	1,7 (±0,28)Aa	5,1 (±0,23)Be	5,7 (±0,10)Aa	4,4 (±0,07)Cb
5,0 - 10,0	4,3 (±0,29)Ab	3,8 (±0,11)Aa	4,0 (±0,11)Aa	1,1 (±0,35)Aa	1,4 (±0,24)Aa	2,0 (±0,37)Aa	3,9 (±0,29)Bf	5,3 (±0,11)Ab	4,0 (±0,11)Bc
10,0 - 20,0	4,2 (±0,08)Ab	3,9 (±0,07)Aa	4,1 (±0,15)Aa	1,2 (±0,31)Aa	1,4 (±0,17)Aa	1,7 (±0,39)Aa	5,8 (±0,08)Ac	4,3 (±0,07)Bc	4,5 (±0,15)Bb
20,0 - 40,0	4,1 (±0,06)Ab	3,9 (±0,06)Aa	4,0 (±0,16)Aa	1,2 (±0,19)Aa	1,6 (±0,20)Aa	1,8 (±0,41)Aa	4,5 (±0,06)Af	4,4 (±0,06)Ac	3,7 (±0,16)Bd
40,0 - 60,0	4,0 (±0,05)Ab	4,0 (±0,04)Aa	4,1 (±0,14)Aa	1,4 (±0,31)Aa	1,7 (±0,21)Aa	1,9 (±0,42)Aa	5,6 (±0,05)Ad	4,3 (±0,04)Cc	4,6 (±0,14)Bb
60,0 - 80,0	4,1 (±0,05)Ab	4,1 (±0,03)Aa	4,2 (±0,15)Aa	1,6 (±0,31)Aa	1,5 (±0,17)Aa	2,0 (±0,48)Aa	7,0 (±0,05)Aa	4,2 (±0,03)Cc	5,3 (±0,15)Ba
80,0 - 100	4,2 (±0,06)Ab	4,0 (±0,04)Ba	4,2 (±,16)Aa	1,4 (±0,30)Aa	1,4 (±0,21)Aa	2,0 (±0,45)Aa	6,3 (±0,06)Ab	3,7 (±0,04)Cd	5,0 (±0,16)Ba
MÉDIA (0 - 20 cm)	4,6	3,9	4,0	0,8	1,2	1,7	4,8	5,2	4,4
MÉDIA (20 – 100 cm)	4,1	4,0	4,1	1,4	1,6	1,9	5,9	4,2	4,7

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo intervalo de confiança de 95%.

Fonte: Oliva (2015)

**ANEXO 10 – CONCENTRAÇÃO DE P, K, Ca E Mg, EM DIFERENTES PROFUNDIDADES, EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E REGENERAÇÃO ESPONTÂNEA DE *Pinus spp.* (MÉDIA DE 20 REPETIÇÕES)**

TRATAMENTO	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP
PROFUNDIDADE (cm)	P			K			Ca			Mg		
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----			----- cmolc dm <sup>-3</sup> -----								
0,0 - 2,5	4,4 (±1,31)Aa	3,9 (±0,41)Aa	1,5 (±0,23)Ba	0,5 (±0,11)Aa	0,1 (±0,02)Bb	0,1 (±0,05)Bb	6,8 (±1,02)Aa	1,4 (±0,26)Ba	1,3 (±1,16)Ba	3,0 (±0,36)Aa	1,4 (±0,17)Ba	0,7 (±0,37)Ca
2,5 - 5,0	2,9 (±0,43)Aa	0,8 (±0,22)Bb	0,4 (±0,21)Bb	0,3 (±0,07)Ab	0,1 (±0,02)Bb	0,1 (±0,02)Bb	3,8 (±0,92)Ab	0,4 (±0,19)Bb	0,2 (±0,03)Ba	2,1 (±0,36)Ab	1,1 (±0,15)Ba	0,3 (±0,10)Cb
5,0 - 10,0	1,2 (±0,39)Ab	0,1 (±0,08)Bb	0,4 (±0,38)Bb	0,2 (±0,06)Ab	0,1 (±0,02)Bb	0,0 (±0,02)Cc	2,1 (±0,60)Ac	0,2 (±0,12)Bb	0,2 (±0,02)Ba	1,4 (±0,27)Ac	0,7 (±0,12)Bb	0,3 (±0,09)Cb
10,0 - 20,0	1,5 (±0,19)Ab	0,4 (±0,27)Bb	0,7 (±0,31)Bb	0,2 (±0,05)Ab	0,0 (±0,02)Bc	0,0 (±0,02)Bc	1,1 (±0,31)Ad	0,0 (±0,03)Bc	0,2 (±0,19)Ba	0,8 (±0,13)Ad	0,2 (±0,10)Bc	0,2 (±0,08)Bb
20,0 - 40,0	1,1 (±0,39)Ab	1,2 (±0,24)Ab	1,4 (±0,28)Aa	0,0 (±0,02)Bd	0,1 (±0,03)Ab	0,0 (±0,02)Bc	0,6 (±0,14)Ae	0,1 (±0,02)Bb	0,1 (±0,02)Bb	0,7 (±0,16)Ad	0,2 (±0,07)Bc	0,2 (±0,07)Bb
40,0 - 60,0	1,5 (±0,60)Ab	0,5 (±0,28)Ab	0,7 (±0,35)Ab	0,2 (±0,01)Ab	0,2 (±0,00)Aa	0,2 (±0,00)Aa	0,7 (±0,18)Ae	0,1 (±0,01)Bb	0,1 (±0,01)Bb	0,7 (±0,24)Ad	0,1 (±0,04)Bc	0,2 (±0,08)Bb
60,0 -80,0	2,1 (±0,72)Ab	0,6 (±0,28)Bb	0,1 (±0,36)Cb	0,2 (±0,00)Ab	0,1 (±0,00)Bb	0,1 (±0,00)Bb	0,7 (±0,18)Ae	0,1 (±0,03)Bb	0,1 (±0,02)Bb	0,9 (±0,33)Ad	0,1 (±0,04)Bc	0,2 (±0,08)Bb
80,0 - 100	2,2 (±0,81)Ab	1,3 (±0,36)Ab	1,5 (±0,42)Aa	0,1 (±0,02)Ac	0,0 (±0,00)Bd	0,1 (±0,03)Ab	0,9 (±0,41)Ad	0,1 (±0,00)Bb	0,1 (±0,01)Bb	0,9 (±0,33)Ad	0,0 (±0,03)Cd	0,2 (±0,07)Bb
MÉDIA (0 - 20 cm)	2,5	1,3	0,8	0,3	0,1	0,1	3,5	0,5	0,5	1,8	0,9	0,4
MÉDIA (20 – 100 cm)	1,7	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,7	0,1	0,1	0,8	0,1	0,2

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo intervalo de confiança de 95%.

Fonte: Oliva (2015)



**ANEXO 11 – CONCENTRAÇÃO DE Cu, Mn, Fe E Zn, EM DIFERENTES PROFUNDIDADES, EM SOLOS SOB FLORESTAS SECUNDÁRIAS E REGENERAÇÃO ESPONTÂNEA DE *Pinus spp.* (MÉDIA DE 20 REPETIÇÕES)**

TRATAMENTO	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP	FS1	FS2	REP
PROFUNDIDADE (cm)	Cu			Mn			Fe			Zn		
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----											
0,0 - 2,5	1,5 (±0,20)Ac	0,5 (±0,09)Ba	0,6 (±0,17)Bb	109,0 (±14,9)Aa	66,0 (±19,2)Ba	55,2(±16,9)Ba	16,9 (±6,6)Bb	18,1 (±5,5)Ba	93,5 (±22,2)Aa	5,1 (±0,98)Aa	1,3 (±0,32)Ba	0,7 (±0,33)Ba
2,5 - 5,0	3,3 (±0,52)Ab	0,5 (±0,09)Ca	0,9 (±0,24)Bb	96,8 (±18,6)Aa	27,0 (±12,5)Bb	21,3 (±7,6)Bb	31,6 (±7,7)Aa	26,8 (±6,3)Aa	42,9 (±11,0)Ab	3,0 (±0,69)Ab	0,7 (±0,18)Ba	0,4 (±0,14)Ba
5,0 - 10,0	3,6 (±0,44)Ab	0,7 (±0,25)Ba	0,8 (±0,12)Bb	35,1 (±9,8)Ab	1,6 (±0,8)Cd	15,6 (±6,0)Bb	20,8 (±4,0)Bb	6,0 (±4,44)Ca	31,4 (±6,1)Ab	1,9 (±0,46)Ab	0,3 (±0,24)Ba	1,1 (±0,39)Aa
10,0 - 20,0	3,8 (±0,40)Ab	0,2 (±0,16)Cb	1,6 (±0,27)Ba	17,1 (±3,4)Ac	7,9 (±2,6)Bc	6,3 (±2,5)Bc	21,3 (±4,1)Aa	11,6 (±2,3)Ba	20,7 (±3,3)Ab	1,2 (±0,16)Ab	0,6 (±0,39)Aa	1,2 (±0,46)Aa
20,0 - 40,0	3,8 (±0,52)Ab	0,1 (±0,04)Bb	0,0 (±0,00)Cc	18,9 (±3,8)Ac	8,0 (±2,3)Bc	2,9 (±1,1)Cc	30,6 (±5,5)Aa	14,3 (±3,0)Aa	22,1 (±5,0)Ab	1,3 (±0,69)Ab	0,6 (±0,32)Ba	0,2 (±0,21)Ba
40,0 - 60,0	3,5 (±0,50)Ab	0,1 (±0,10)Bb	0,0 (±0,00)Cc	15,1 (±3,9)Ac	4,6 (±1,5)Bc	2,4 (±0,9)Bc	38,5 (±4,7)Aa	12,7 (±2,3)Ca	20,8 (±5,4)Bb	1,1 (±0,28)Ab	0,1 (±0,10)Ba	0,1 (±0,10)Ba
60,0 -80,0	3,7 (±0,57)Ab	0,1 (±0,13)Bb	0,0 (±0,17)Bb	13,9 (±4,8)Ac	5,0 (±1,6)Bc	3,5 (±1,3)Bc	32,4 (±6,0)Aa	17,2 (±2,3)Ba	22,0 (±3,4)Bb	0,6 (±0,45)Ab	0,0 (±0,00)Ca	0,1 (±0,10)Ba
80,0 - 100	4,1 (±0,63)Aa	0,1 (±0,13)Bb	0,4 (±0,33)Bb	33,8 (10,3±)Ab	2,4 (±0,7)Bc	2,6 (±1,2)Bc	39,6 (±5,5)Aa	12,6 (±2,5)Ca	26,9 (±5,2)Bb	0,6 (±0,33)Ab	0,8 (±0,50)Aa	1,5 (±0,74)Aa
MÉDIA (0 -20 cm)	3,1	0,5	1,0	64,5	25,6	24,6	22,7	15,6	47,1	2,8	0,7	0,9
MÉDIA (20 -100 cm)	3,8	0,1	0,1	20,4	5,0	2,9	35,3	14,2	23,0	0,9	0,4	0,5

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo intervalo de confiança de 95%.

Fonte: Oliva (2015)